

चंद्रमांना बळता पाहाडनुं मुख.

The Department of Public Instruction, Bombay.

SCIENCE PRIMERS IN GUJARATI.

No. 5

ASTRONOMY.

BY

J. Norman Lockyer, F. R. S.

TRANSLATED INTO GUJARATI

BY

BALWANTRÀM M. MEHTÀ.
TRANSLATION EXHIBITIONER, E. D.

FIRST EDITION,—2,000 COPIES.

Bombay:
GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPÔT.
1888.

Price Six Annas.

BOMBAY.

PRINTED AT THE "MAZAGAON PRINTING PRESS."

મુંબઈ ઈલાકાનું સરકારી કેળવણી ખાતું.

વિદ્યાપ્રવેશ ગ્રંથાવળી.

ગુજરાતીમાં.

ગ્રંથ ૫.

ખગોળવિદ્યા.

લોકીયર કૃત ઇંગ્રેજી પુસ્તકપરથી

ગુજરાતીમાં ભાષાંતર કરનાર

બળવંતરામ મહાદેવરામ મહેતા.

ટ્રાન્સલેશન એસિસ્ટિસ્ટનર, એજ્યુકેશનલ ડીપાર્ટમેંટ.

આવૃતિ ૧ લી — ૨૦૦૦ પ્રત.

હિંદ સરકારના સને ૧૮૬૭ ના ૨૫ મા આકટ પ્રમાણે આ પુસ્તક નોંધાવ્યું છે.

મુંબઈ.

સરકારી મધ્ય બુક ડીપો.

સન ૧૮૮૮.

કીમત છ આના.

મુંબઈ.

" માજગામ પ્રિંટિંગ છાપખાનામાં " છાપી.

અનુક્રમણિકા.

ચિત્રોની યાદી.



विद्यानां मूळतत्वो.

खगोळविद्या.

उपोद्घात.

૧. નિશાળનો ઓરડો અથવા નિશાળનું મકાન કેવું હોયછે તે આ ચોપડી વાંચનાર પ્રત્યેક જણના જાણવામાં છે. હવે એમ ધારો કે એ ઘરને બારીઓ છે તેમાંથી બહાર જોઈ શકાતું નથી અને તમે કોઈ દિવસ ઘરની બહાર ગયા નથી; તો તમે કદાચ એમ માનશો કે નિશાળનું મકાન એજ સકળ જગત્ છે. પરંતુ તમને એ કરતાં વધારે જ્ઞાન છે. તમને ખબર છે કે તમારી નિશાળનું મકાન મહોલ્લામાંનાં અથવા ગામમાંનાં ઘણાં ઘરોમાંનું માત્ર એક ઘર છે. તમે જે ગામમાં રહોછો તેને ફરતાં ગામોમાં તમારામાંના ઘણાખરા પગે ચાલીને અથવા ગાડીમાં કે ઘોડે બેશીને જઈ આવ્યા પણ હશે.

૨. આ પુસ્તક વાંચનાર લંડન શહેરમાં હશે તો તેણે એનાથી વધારે કર્યું હશે, કારણ કે ટેમ્સ નદીપરના પૂલોમાંનો એકાદ પૂલ તેણે ઓળંગ્યો હશે, તો એક તાલુકામાંથી બીજા તાલુકા (જેમ ઘણાં ઘરો મળીને મહોલ્લો થાયછે તેમ ઘણાં ગામ મળીને તાલુકો કે પરગણું થાયછે) માં તે ગયો હશે, કેમકે મિડલસેક્સ અને સરે તાલુકાઓની વચ્ચે ટેમ્સ નદી આવેલી છે.

૩. જેમ ઘણાં ગામ મળીને તાલુકો કે પરગણું બનેછે તેમ ઇંગ્લાંડ, કે સ્કાટ્લાંડ, કે આયર્લાંડ, કે વેલ્સ દેશ તાલુકાઓનો સમુદાય છે. એ ચારે દેશ મળીને ગ્રેટબ્રિટન અને આયર્લાંડનું સંયુક્ત રાજ્ય બનેલું છે. તો હવે તમે શહેરની કે ગામની

નિશાળમાં, સંયુક્ત રાજ્યમાં, અમેરિકામાં, આસ્ટ્રેલિઆમાં, અથવા ભરતખંડમાં, જ્યાં હો ત્યાં હેઠલી કલમ વાંચ્યા પહેલાં જે

નિશાળ પોળ ગામ તાલુકો દેશ રાજ્ય	માં તમે હો તેનાં નામ લખશો તો

તમને જણાશે કે સંયુક્ત રાજ્યમાં અથવા બીજા હરકોઈ રાજ્યમાં તમે રહેતા હો તે જે વિશાળ ભૂમિનું બનેલું છે તે ભૂમિપર તમારી નિશાળનું મકાન બહુ ઝીણું ટપકું માત્ર છે.

૪. તમે ફ્રાન્સ અથવા જર્મનીમાં ગયા નહિ હો, તથાપિ એ દેશો વિષે તમે સાંભળ્યું તો હશે. તેઓ શું છે ? સંયુક્ત રાજ્ય, ફ્રાન્સ, જર્મનિ, રૂશિઆ, ઈટાલિ, તુર્કસ્તાન, આદિ દેશો મળીને યૂરોપ ખંડ થયેલો છે; જેમ તાલુકા કે પરગણાંનો સમુદાય તે દેશ કે જિલ્લો અને ગામોનો સમુદાય તે તાલુકો કે પરગણું તેમ ખંડ એ દેશોનો સમુદાય છે.

૫. વળી જેમ યૂરોપનું નામ તમે સાંભળ્યું હશે તેમ અમેરિકા, એશિઆ, આફ્રિકા અને આસ્ટ્રેલિઆ વિષે સાંભળ્યું હશે; બલકે એમાંના એકાદમાં તમે રહેતા પણ હશો. યૂરોપના જેવા એ ખંડ છે.

૬. આ ખંડો પૃથ્વીની સપાટીપર કોરી જમીનના મોટામાં મોટા વિસ્તાર છે. એ સપાટીના કેટલાક ભાગમાં પાણી અને કેટલાકમાં કોરી જમીન છે.

૭. હવે બીજું તમને એ કહેવાનું કે आखी पृथ्वीने खगोळवेत्ताओ ग्रह कहेछे; એનો અર્થ તમે આગળ શીખશો. આગળ વાંચ્યા પહેલાં અગાઉની પેઠે જે

નિશાળ
મહોલ્લા
ગામ
તાલુકા
જિલ્લા } માં તમે હો તેનાં નામ લખો.
રાજ્ય
ખંડ
ગ્રહ

૮. તમારામાંના કેટલાકને એમ લાગશે કે મેં ચૂક કરી છે અને હું ખગોળવિદ્યાને બદલે ભૂગોળવિદ્યાનું પુસ્તક લખવાનો આરંભ કરૂંછું. પરંતુ હું ભૂલ્યો નથી. મારે તમને એવું બતાવવું છે કે જ્યાં ખગોળવિદ્યાની અવધિ આવેછે ત્યાં ભૂગોળવિદ્યાનો આરંભ થાયછે; કે પૃથ્વી નામે જે ગ્રહ ઉપર આપણે વશીએ છીએ તેપર તમારી નિશાળ નાનું ટપકું માત્ર છે તેનો (એટલે નિશાળનો) આકાર, કદ, અને સ્થિતિ જેમ કહી શકાય છે, અને પૃથ્વીઉપર તમારી નિશાળથી ઘણે દૂર આવેલી જમીનનો શોધ જેમ માણસો મુસાફરીથી કરી શકેછે, અને તે વિષે બધી હકીકત જણાવેછે તેમ આકાશના સર્વ પદાર્થોમાં ખુદ પૃથ્વીનો આકાર, કદ, અને સ્થિતિ જણાયલાંછે તે અને તેમની જોડે તેનો સંબંધ કેવો છે તે તમને સ્પષ્ટ સમજાવી શકાય. એજ બાબત મારે તમને કહેવાની છે, અને એ હું કહી શકીશ તો પૃથ્વીના પૃષ્ઠનું વર્ણન તમે વાંચશો ત્યારે તમને બેશ સમજ પડશે.

૧.—પૃથ્વી અને તેની ગતિઓ.

§ ૧.—પૃથ્વી ગોળ છે.

૯. મેં પાછળ કહ્યું છે કે આપણે એક ગ્રહપર વશીએ છીએ અને તેને પૃથ્વી કહીએ છીએ. પરંતુ એ કેવા પ્રકારની વસ્તુ છે? ચપટી છે? વાંકી છે? ચોરસ છે? કે ગોળ છે? એ શી રીતે માલૂમ પડે? તમે હરકોઈ દિશામાં નજર કરશો, કોઈ પહાડી પ્રદેશમાં હશો તો ડુંગરો અને ખીણો તમારી દૃષ્ટિએ પડશે; અને એ ડુંગરોપર ચઢીને જોશો તો વધારે વધારે ડુંગરા ઊંચે આવતા જણાશે તેમને લીધે કેટલાક મૈલની પેલીમેર તમારાથી જોઈ શકાશે નહિ; તમે સપાટ પ્રદેશમાં હશો તો તમારી ચોમેર ઝાડ અને છોડવા આકાશને મળી જતાં દેખાશે. આપણે હરકોઈ સ્થળે જઈશું તોપણ પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ અને આકાશ જે લીટીમાં મળેછે તે લીટી નજરે પડશે; તેથી પૃથ્વી મહાન્ વિસ્તારવાળી લગભગ ચપટી સપાટી હોઈ શકે. એપ્રમાણે જોતાં આ ધારણા ખોટી કહેવાય નહિ.

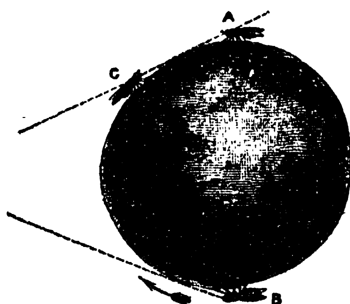


ચિત્ર ૧ લું—દરિયામાં વહાણ કેવી રીતે દેખાયછે અને દેખાતાં બંધ પડેછે.

૧૦. પણ જે સ્થળે ડુંગર અથવા ઝાડ ન હોય, પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ અખંડિત અને સપાટ હોય તે સ્થળે જઈને તપાસ કરીએ;

દરિયાની સપાટીપર જઈને જોઈએ. તમે દૂરનાં વહાણો નજરે પડવા માંડતાં નિહાળશો તો જણાશે કે તેમના ડોલ માત્ર દેખાયછે; તેઓ જેમ જેમ નજીક આવતાં જાયછે તેમ તેમ તેમનાં ખોખાં કે અંગનો વધારે વધારે ભાગ નજરે પડેછે, અને છેલ્લે તેઓનું આખું અંગ કે ખોખું દૃષ્ટિએ પડેછે (ચિત્ર ૧ લું). હવે વહાણને તમારાથી દૂર જતાં નિહાળશો તો પ્રથમ વહાણનું અંગ કે ખોખું દેખાતું બંધ પડશે.

૧૧. તો એમ થવાનું કારણ શું? આપણે પ્રયોગ કરીએ. એ માખી બેઠી હોય એવો સપાટ મેજ લો; માખી બેઠેલી ન હોય તો તે બેઠી છે અને તેપર ફરેછે એમ ધારો. તો સ્પષ્ટ છે કે જ્યાંલગી એ માખીઓ મેજની સપાટીપર રહેશે ત્યાંલગી સદા એક એકની દૃષ્ટિએ પડશે. તેઓ એક એકથી બહુ દૂર હશે તો પરસ્પર નાની દેખાશે અને પાસે હશે તો મોટી દેખાશે;



ચિત્ર ૨ જું—માખી સહિત નારંગી.

પરંતુ દરિયામાં ફરતાં વહાણની પેઠે માખીના બીજા ભાગ દેખાય અને એક ભાગ દેખાતો બંધ પડશે નહિ. એ કારણથી દરિયાની સપાટી મેજની સપાટીના જેવી ચપટી નથી.

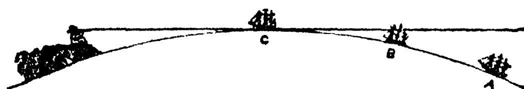
૧૨. બીજો પ્રયોગ કરીએ. આ પ્રસંગે આપણે એક નારંગી લઈએ અને તેને મથાળે A આંગળ, ચિત્ર ૨જું, એક માખી બેઠેલી અને તળિયે B આગળ બીજી માખી બેઠેલી ધારીએ. એ માખી-

એ એક એકને જોઈ શકતી નથી એ સ્પષ્ટ છે; કારણકે તેમની વચ્ચે નારંગી છે. પરંતુ B આગળની માખી A ભણી જાયછે એમ ધારીએ. તે C આગળ આવી પહોચેછે ત્યારે A માખી નારંગીની કોર ઉપર B માખીના માથાનો ઉપલો ભાગ માત્ર જોઈ શકેછે, અને C માખી નારંગીની કોર ઉપર A માખીના માથાનો ઉપલો ભાગ જોઈ શકેછે. વધારે ભાગ હજુ જોઈ શકાતા નથી, કારણકે પહેલાં જેમ તમામ ભાગ નારંગીથી ઢંકાયલો હતો તેમ પ્રત્યેક માખીના બીજા ભાગ હજી ઢંકાયલા છે. પરંતુ B માખી A માખીની વધારે થડમાં જશે તો પ્રત્યેક માખી પૂરેપૂરી એક એકની દૃષ્ટિએ પડશે.

૧૩. પૃથ્વીની સપાટીપર વહાણો કેવી રીતે દેખાયછે અને દેખાતાં બંધ પડેછે તે ચપટા મેજપર આપણે બતાવી શક્યા નથી, તથાપિ ગોળ નારંગી અને ફરતી માખીઓના પ્રયોગથી યથાસ્થિત સમજાવ્યું છે.

૧૪. માટે પૃથ્વી દડા અથવા નારંગીના જેવી છે, મેજના જેવી ચપટી નથી.

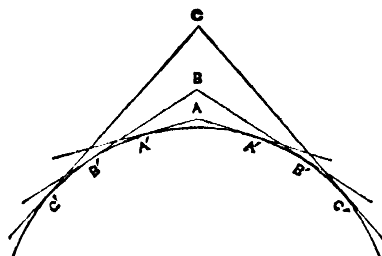
૧૫. એપરથી વહાણની ટોચ પ્રથમ દેખાયછે અને આપણે જેમ જેમ ઊંચે ચઢીએ છીએ તેમ તેમ વધારે દૂર દૃષ્ટિ પહોચેછે તેનું કારણ તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે.



ચિત્ર ૩ જું—પૃથ્વી ગોળ છે એવું આપણે ધારીએ છીએ ત્યારે દરિયામાંનાં વહાણ છેટેથી અથવા પાસેથી શા કારણથી ઓછાં કે વત્તાં દેખાયછે તે એ ચિત્ર પરથી સમજાય છે. A આગળ વહાણ દેખાતું નથી, B આગળ તેના ડોલ દેખાવા માંડેછે, અને C આગળ આખું વહાણ દૃષ્ટિએ પડેછે.

प्रत्येक वेळा पृथ्वीनी कोर आपणी दृष्टिए पडेछे; अने जेम जेम पृथ्वीनी सपाटीथी ऊंचे जईए छीए तेम तेम जे कोर आपणी दृष्टिए पडेछे ते वधारे दूरनी होयछे.

૧૬. આ પરથી તમે પડીજાઓ એવી પૃથ્વીને કોર છે એમ તમારે ધારવું નહિ; પૃથ્વી ગોળ છે તેથી દેખાઈતી કોર તમે



ચિત્ર ૪ થું—જેમ જેમ આપણે ઊંચા જઈએ છીએ તેમ તેમ વધારે દૂર જોઈ શકીએ છીએ તેનું કારણ આ ચિત્રપરથી સમજાય છે. A આગળના જોનારને પૃથ્વીની કોર A A આગળ દેખાયછે, B આગળના જોનારને B B આગળ કોર દેખાયછે, ઈત્યાદિ.

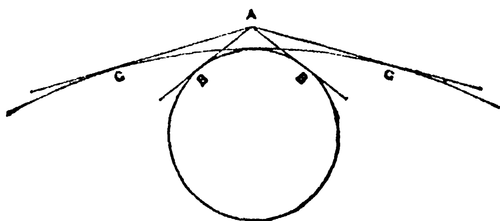
જેમ જેમ આગળ જાઓછો તેમ તેમ પાછી હઠતી જાયછે. નારંગી અને માખીઓની મદદથી આ બાબતનો તમારે તમારી મેળે ખુલાસો કરી લેવો.

§ ૨.—पृथ्वी बहु मोटी छे.

૧૭. પૃથ્વી ગોળ છે તે સિદ્ધ કરવાને આપણે નારંગીનો ઉપયોગ કર્યો. તમારામાંનો કોઈ એવો પ્રશ્ન પૂછશે કે "પૃથ્વી નારંગીના જેવી ગોળ છે તો તે શું નારંગીના જેવી નાની પણ છે?" અથવા "પૃથ્વીપર ઊંચા પર્વતો અને તમામ પ્રકારના ખાડાખૈયા છે તે છતાં લીશી નારંગીનો ઉપયોગ કરવો વાજબી છે? કારણકે દરિયાપર હું નજર કરૂં છું તેવારે પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ વક્રરેખાકૃતિનો ભાગ છે એ મારાથી માની શકાય છે, તથાપિ ઊંચા પર્વ-

લો અને ઊંડી ખાણો મારી દૃષ્ટિએ પડે છે તેવારે આવા અસમાન પૃષ્ઠને વક્રરેખાકૃતિનો ભાગ શી રીતે કહી શકાય તે સમજાતું નથી." માટે મારે આ પ્રશ્નોના ઉત્તર આપવા જોઈએ.

૧૮. પહેલે તો સ્પષ્ટ છે કે એક મોટો અને એક નાનો એવા બે ગોળાથી ઊંચે સમાન અંતરે તમે હશો તો જે કોર આગળ પદાર્થો આંખની પાસે આવેછે ત્યારે દેખાવા માંડેછે અને દૂર જાયછે ત્યારે દેખાતા બંધ પડેછે તે કોર મોટા ગોળાપર વધારે દૂર હશે.



ચિત્ર ૫ મું.—પૃથ્વીને જેમ વધારે મોટી ધારીશું તેમ જે સ્થળમાં આકાશ પૃથ્વીને અડકતું દેખાયછે તે સ્થળ આપણાથી વધારે દૂર છે એ આ આકૃતિપરથી જણાયછે.

૧૯. જેમકે, ૫ મા ચિત્રમાં B B નારંગીની ઉપલી મેર માખીની આંખની ઊંચાઈ A લઈએ તો જે કોર ઉપર બીજી માખી દેખાવા માંડશે તે કોરનું અંતર A થી B સુધીનું અંતર થશે, પરંતુ B B ગોળ કરતાં C C ગોળ જેટલો મોટો છે તેટલા નારંગીથી મોટા ગોળાપર બંને માખીઓ હશે તો એ કોરનું અંતર A થી C સુધીનું થશે.

૨૦. હવે તમે સમુદ્ર કાંઠે ઊભા રહોછો તેવારે કેટલાક મૈલ લગી સમુદ્ર ઉપર જોઈ શકોછો તેપરથી પૃથ્વી બહુ મોટી છે તે તમને સ્પષ્ટ સમજાયછે. તો આ પરથી પહેલા પ્રશ્નનો ઉત્તર નીકળેછે. વસ્તુતઃ એનો વ્યાસ શુમારે ૮,૦૦૦ મૈલ છે; એટલે મધ્ય બિંદુમાં થઈ એક પૃષ્ઠથી બીજા પૃષ્ઠ સુધી સીધી લીટી દોરીશું તો તે ૮,૦૦૦ મૈલ લાંબી થશે.

૨૧. પૃથ્વીપર પર્વતો છે તે છતાં તેનું પૃષ્ઠ વાસ્તવિક રીતે નારંગીથી મુકાબલે ઘણું વધારે લીસું છે એ તમને હવે સમજાતુંછું.

મધ્ય બિંદુથી પૃથ્વીના પૃષ્ઠ સૂધીનું અંતર ૪,૦૦૦ મૈલ છે એમ ધારો. એમ ધારવું સત્યથી દૂર નથી. તો ચાર મૈલ ઊંચો પર્વત પૃથ્વીની સાધારણ સપાટીથી આ અંતરના હજારમા ભાગ જેટલો માત્ર ઊંચો થશે, અને એવી અસમાનતાનો નિશાળમાં પૃથ્વીના મોટા ગોળા હોયછે તેપર ચોડેલા કાગળની જાડાઈમાં સમાસ થશે. એ પરથી પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ નારંગીની સપાટી કરતાં મુકાબલે ઘણું વધારે લીસું છે એ તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે, કારણકે નારંગીને નિશાળમાંના પૃથ્વીના ગોળા જેવડી મોટી કરશો તો તે ખરેખર બહુજ ખરબચડી દેખાશે.

૨૨. માટે એવું જણાયછે કે (૧.) મોટા મેદાનપર અથવા દરિયાના જેવા સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર ઊભા રહીએ છીએ ત્યારેજ પૃથ્વીનો વાસ્તવિક આકાર નજરે જોઈને સમજી શકીએ છીએ. (૨) પૃથ્વીની વાંકાશ આપણી નજરે પડતી નથી, તથાપિ અતિ ઊંચી નીચી જમીનમાં પણ એ વાંકાશ છે. (૩) એ વાંકાશ બહુ આસ્તે આસ્તે વધેછે, કારણકે દરિયામાંનાં વહાણ દેખાતાં બંધ પડતા પહેલાં ઘણા મૈલ લગી તમે તેઓને જોઈ શકોછો. (૪) એ વાંકાશ બહુ થોડી છે અને ઊંચા પર્વતોથી એટલે થોડો ફેર પડેછે તે પરથી જણાયછે કે જે ગોળનો એ ભાગ છે તે મોટો છે અને તેથી કરીને પૃથ્વી પંડે મોટી છે; અને (૫) પૃથ્વી એટલી મોટી છે કે મોટામાં મોટા પર્વતો પણ મુકાબલે પૃષ્ઠપર નાના કણ જેવા માત્ર છે; એનો વ્યાસ અથવા મધ્ય બિંદુમાં થઈ એક પડખાથી બીજા પડખા સૂધીનું અંતર ૮,૦૦૦ મૈલ છે.

§ ૩.—પૃથ્વી સ્થિર નથી.

૨૩. માટે જમીન અને પાણીની સપાટી સુદ્ધાં પૃથ્વી મોટો ગોળો છે. તે એવડો મોટો છે કે તમારી નિશાળથી તેની

આસપાસ ફરતો રસ્તો છે એમ ધારીએ અને તમે રાત દિવ-સ વિસામો લીધા વગર દર કલાકે ત્રણ મૈલ પ્રમાણે ચાલો તો ફરીને નિશાળ આગળ આવતાં તમને લગભગ એક વર્ષ લાગે.

૨૪. તમે કોઈ વાર બલૂનને હવામાં અધર જુઓછો તેમ પૃથ્વી પણ અવકાશમાં અધર છે. તે સ્થિર છે કે ફરેછે? તમે કદાચ કહેશો કે તે ફરતી નથી, કારણકે તમારી નિશાળનું મકાન જ્યાંનું ત્યાંજ છે; તેની થડમાંનાં ઘરો અને ઝાડો જ્યાં હતાં ત્યાંથી આઘાં ગયાં નથી અથવા પાસે આવ્યાં નથી.

૨૫. પરંતુ આથી આપણને મદદ મળતી નથી; આપણે ઊનની દડી અથવા નારંગી લેઈ તેને પૃથ્વી ધારીએ અને તેમાં તમારી નિશાળનું મકાન દેખાડવાને એક ટાંકણી ખોશીએ અને તેની આસપાસનાં ઘરો અને ઝાડોને ઠેકાણે બીજી ટાંકણીઓ ખોશીએ.

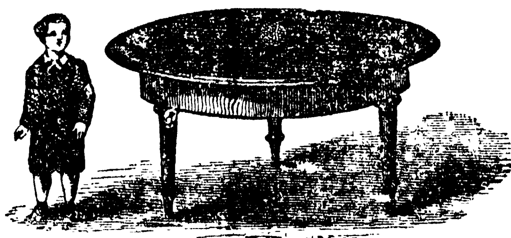
૨૬. તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે કે ઊનની દડી કે નારંગી સ્થિર હોય અથવા ફરે તેથી ટાંકણીઓની સ્થિતિ એકએકના સંબંધમાં બદલાતી નથી.

૨૭. તો આ પ્રશ્નનો શી રીતે નિર્ણય કરીએ? पूर्व्वापर न होय एवी कोई वस्तु निहाळोने. વાદળાં વગરની સાંજે બહાર જઈને તમે પૂર્વ દિશા ભણી નજર કરો (ઉત્તર, દક્ષિણ, પૂર્વ, અને પશ્ચિમ દિશા કઈ છે તે દરેક છોકરા અને છોકરીએ જાણવું જોઈએ); પૃથ્વીની કોર એટલે જે લીટીમાં પૃથ્વીની સપાટી અને આકાશ મળેછે તે લીટીની ઉપલીમેર તારા વધારે વધારે ઊંચા આવતા દેખાશે; આ લીટીને હવેથી આપણે क्षितिज કહીશું. એજ પ્રમાણે પશ્ચિમ દિશા માંહેલા તારા હળવે હળવે અદૃશ્ય થશે; ચંદ્ર પણ તેમને અનુસરેછે. એજ રીતે દિવસે સૂર્ય પૂર્વમાં ઊગેછે અને પશ્ચિમમાં આથમેછે.

૨૮. આપરથી સિદ્ધ થાયછે કે પૃથ્વીની સપાટી પરનાં ઘરો અને ઝાડો એક એકના સંબંધમાં ફરતાં નથી, પરંતુ સૂર્ય, ચંદ્ર,

અને તારા પૃથ્વીના પૃષ્ઠઉપર નથી તેઓ પૃથ્વીના સંબંધમાં ફરેછે અથવા ફરતા દેખાયછે.

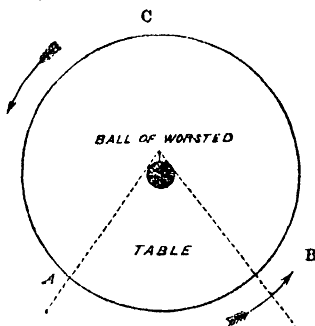
૨૯. હવે આ વિષે આપણે વિચાર કરીએ. તારો અથવા સૂર્ય ઊગેછે અને આથમેછે એવું આપણે કહીએ છીએ તેનો અર્થ શો? એનો અર્થ એ છે કે જે સ્થળે આપણે છીએ તે સ્થળમાંથી જોતાં પૃથ્વીની કોરની ઉપલી મેર કે નીચલી મેર તે જાયછે; વસ્તુતઃ જે પ્રમાણે દરિયામાં ચાલતાં વહાણ દેખાયછે અથવા દેખાતાં બંધ પડેછે એવું આપણે ૧૦ મી કલમમાં કહી ગયા તેજ પ્રમાણે સૂર્ય અથવા તારો ફરેછે કે ફરતો દેખાયછે. ઊનની દડી અથવા નારંગી વડે આ બાબત સ્પષ્ટ સમજાશે. એને મેજની વચ્ચોવચ્ચ મૂકી તેની બાજૂમાં એક ટાંકણી



ચિત્ર ૬ ઠું.—સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત, અને તારાના ઉદયાસ્તનો ખુલાસો.

ખોસો. ટાંકણીનું માથું તમારી આંખ છે એમ ધારો. હવે તમે તારો અથવા સૂર્ય છો એમ માની છઠ્ઠા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તમારી આંખને ટાંકણીની સપાટીએ રાખી મેજની આસપાસ ફરો; એ ટાંકણી એક બિંદુએ દડીની કોરમાંથી ઊંચે આવતી દેખાશે; ટાંકણીના માથા વડે દર્શાવેલી તમારી આંખને તમે ઊગતો તારો અથવા સૂર્ય દેખાઓછો; મેજની આસપાસ ફરતાં ફરતાં બીજા બિંદુએ ટાંકણીનું માથું અદૃશ્ય થશે અને છેવટે દડીની કોરથી ઢંકાઈ જશે. પૃથ્વીને સ્થિર ધાર્યાથી આ ઠેકાણે તમે આથમતો તારો અથવા સૂર્ય ભાસોછો.

૩૦. હવે તમે બેશી જાઓ અને ટાંકણીનું માથું મેજપર સદા સમાન અંતરે રહે એવી રીતે ઊનની દડીને કોઈ બીજા માણસ કને ફેરવાવો. તો દડી સ્થિર હોઈ તમે તેની આસપાસ ફરતા હતા તેવારે જે દેખાવ તમારા જોવામાં આવ્યા હતા તેજ દેખાવ તમે સ્થિર હોઈ દડીની ગતિને લીધે ઉત્પન્ન થશે.



ચિત્ર ૭ મું.—છઠ્ઠા ચિત્રની સમજૂતી આપનારૂં ચિત્ર; એમાં ગતિની દિશા બતાવી છે; A આગળનો પદાર્થ આથમેછે, B આગળનો પદાર્થ ઊગેછે, અને C આગળનો પદાર્થ માથાપર છે.

૩૧. માટે સૂર્ય અને તારાના ઉદયાસ્તને લગતા દેખાવોનું કારણ આપણી પૃથ્વી સ્થિર હોઈ તેની આસપાસ સૂર્ય અને તારા ફરેછે તે હોય, કિંવા સૂર્ય અને તારા સ્થિર હોઈ પૃથ્વી ફરેછે તે હોય. પ્રાચીન કાળના લોકો પૃથ્વી સ્થિર છે અને તેની આસપાસ સૂર્ય અને તારા ફરેછે એવું માનતા હતા. પરંતુ હમણા આપણે જાણીએ છીએ કે પૃથ્વીજ ફરેછે.

§ ૪.—પૃથ્વી ભમરડાની પેઠે ફરેછે અથવા ભ્રમણ કરેછે.

૩૨. માટે સૂર્ય, ચંદ્ર, અને તારા, દિવસે સૂર્ય અને રાતે ચંદ્ર, અને તારા, પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી ભ્રમણ કરતા દેખાયછે તે તેમની વાસ્તવિક ગતિ નથી, પરંતુ દેખાઈતી ગતિ માત્ર છે અને

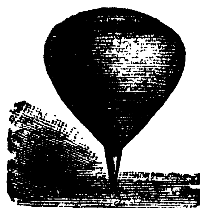
તે પૃથ્વીની વાસ્તવિક ગતિને લીધે થાયછે એ તમારે સિદ્ધ થયેલું માનવું જોઈએ.

૩૩. તો ગોળ પૃથ્વી શી રીતે ફરેછે? એ વિષે થોડો વિચાર કરીએ. આપણી પોતાની ગતિને લીધે સ્થિર પદાર્થો એ રીતે ફરતા દેખાયછે તેનો કોઈ દાખલો આપણા જાણવામાં છે? હા, બેશક આપણા જાણવામાં છે. તમે આગગાડીમાં મુસાફરી કરોછો તેવારે તમામ પદાર્થો, ઝાડો, ઘરો, ઈત્યાદિ જે જે વસ્તુઓને તમે બારીમાંથી જોઈ શકોછો અને જેઓ વસ્તુતઃ સ્થિર હોયછે તે તમારે પડખે થઈને કેવી રીતે દોડી જાયછે અને તમે જાણે સ્થિર હો તેમ ભાસેછે, તેનો વિચાર તમારા મનમાં સહજ આવશે. વળી તમે જે દિશામાં જાઓછો તેની કેવળ ઉલટી દિશામાં તેઓ તમારા મોં આગળથી દોડી જતા દેખાયછે.

૩૪. એ તો ઠીક. હવે જે દિશાને આપણે પશ્ચિમ દિશા કહીએ છીએ તે દિશાથી પૂર્વ દિશા ભણી આખી પૃથ્વી ઉતાવળી ખરેખર ફરેછે અને સૂર્ય, ચંદ્ર, તથા તારાની આગળ થઈને સત્વર દોડી જાયછે, તથા તેઓ પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી ફરતા દેખાયછે તેનું કારણ એજ છે એવી કલ્પના કરવાને આ અનુમાન પૃથ્વી અને તારાને સહજ લાગુ પાડીશું તો ચાલશે કે નહિ?

૩૫. તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે કે એવું અનુમાન નહિ ચાલે, કારણ કે એવું અનુમાન કરવાથી તેજ સૂર્ય, ચંદ્ર, અને તારા ફરી આપણી નજરે પડેજ નહિ.

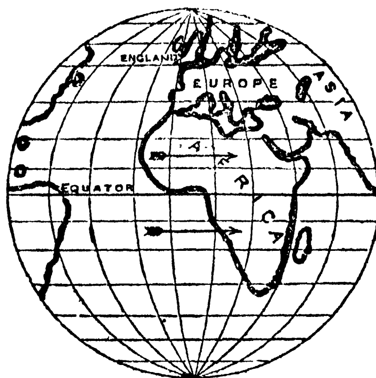
૩૬. તો સત્ય શી રીતે સમજાવી શકાય? भमरडो चकर चकर फरेछे तेम पृथ्वी गोळ फरेछे एवी आपणे कल्पना करीए. એજ કારણથી ઇંગ્લાંડ અથવા અમેરિકા અથવા આસ્ટ્રેલિઆ, અથવા ભરતખંડમાં વસનાર દરેક છોકરો અને



ચિત્ર ૮ મું.—ફરતો ભરમડો

છોકરી પ્રત્યેક સવારે તેના તેજ સૂર્યને ઊગતો અને પ્રત્યેક સાંજે તેના તેજ સૂર્યને આથમતો નિહાળેછે.

૩૭. વસ્તુતઃ પૃથ્વી આ રીતે ફરેછે તેને લીધેજ સવાર અને સાંજ પડેછે અને મારા કહેવા પ્રમાણે પૃથ્વી વાસ્તવિક રીતે



ચિત્ર ૯ મું.—પૃથ્વીના ભ્રમણની દિશા.

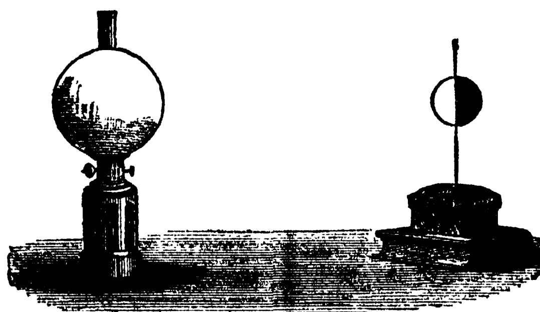
ભ્રમણ કરેછે તેનાં ઉત્કૃષ્ટ પ્રમાણ દિવસ અને રાત્રિ છે.
૩૮. અને સૂર્ય પૂર્વમાં ઊગી પશ્ચિમમાં આથમતો દેખાયછે તે કારણથીજ પૃથ્વી વાસ્તવિક રીતે ઉલટી દિશામાં એટલે પશ્ચિમથી પૂર્વભણી ભ્રમણ કરેછે.

૩૯. નિશાળમાં સાધારણ ગોળા હોયછે તેવો એક ગોળો લો. અને ફેરવતા હો તેમ એને ફેરવો, એટલે જેમ ભમરડાનો આંસ ઊભો હોયછે તેમ એનો આંસ ઊભો રાખો. એ ગોળાને કેણી મેર ફેરવવો ? ગોળાનું જમણું પૃષ્ઠ તમારી આગળથી જાય એવી રીતે તમારા જમણા હાથવતી ગોળાને ગતિ આપો. એટલે જે દિશામાં ખરેખરી પૃથ્વી ફરેછે તે દિશા એ ગોળો દર્શાવેછે.

§ ૯.—पृथ्वी दिवसमां एक फेरो फरेछे.

૪૦. પૃથ્વીને બદલે નારંગીને અંધારા ઓરડામાં લઈજાઓ

અને સૂર્યને ઠેકાણે દીવો મૂકો; નારંગીના મધ્ય બિંદુમાં થઈ એક સોયો ઘોંચી તે સોયાને પછી ટાંકણી ઘોંચવાની ગાદીમાં ઊભો ઘોંચો; એક નાની ટાંકણી પણ નારંગીની અંદર જેટલી પેશી જાય એટલી ઘોંચવી; એટલે તેનું માથું પૃથ્વીપરથી જો-નારા માણસને હામે થશે.



ચિત્ર ૧૦ મું.—પૃથ્વીના ભ્રમણથી દહાડો રાત શી રીતે થાયછે તે દેખાડનારો પ્રયોગ.

ઘડીઆળના કાંટા જે દિશામાં ફરેછે તેની ઉલટી દિશામાં નારંગી હળવે હળવે ગોળ ફરે, ચિત્ર ૯ મું, એવી રીતે સોયાને ફેરવો.

૪૧. હવે શું થાયછે તે જુઓ. પહેલું તો નારંગીપર બે બિંદુ થશે તેઓમાં થઈ સોયો જાયછે. એ બિંદુઓ ફરતાં નથી અને તેમને ધ્રુવ કહેછે. આપણે ઉપલા બિંદુને ઉત્તર ધ્રુવ અને નીચલા બિંદુને દક્ષિણ ધ્રુવ કહીશું; એ ધ્રુવને જોડનારી લીટીને ધરી અથવા આંસ કહીશું; એ આંસને હામે આપણો સોયો છે. ધ્રુવથી બધી મેર સમાન અંતરે નારંગીના મધ્ય ભાગની આસપાસ એક ગોળ લીટી દોરો; આ લીટીને આપણે વિષુવવૃત્ત કહીશું. ટાંકણીનું માથું આ લીટીની થડમાં અને સૂર્યને હામે મૂકેલા દીવાની સામે રાખો. નારંગીના અડધા ભાગપર દીવાનું અજવાળું પડશે અને

બાકીના અડધા ભાગપર અંધારૂં રહેશે. અજવાળું તે દિવસ અને અંધારૂં તે રાત.

૪૨. હવે સોયાને હળવે ફેરવો એટલે તમારા જોવામાં આવશે કે ટાંકણીનું માથું નારંગીના જે અડધા ભાગપર પ્રથમ અજવાળું પડયું હતું તેની કેવળ મધ્યમાં નહોતાં પા ગોળમાં નારંગી ફરેછે તેવારે પ્રકાશિત ભાગની કોરે દૃષ્ટિએ પડશે; જરાક વધારે ફેરવશો તો તેનાપર બિલકુલ પ્રકાશ પડશે નહિ,—દીવો આથમ્યો છે. નારંગીને બીજા પા ગોળમાં ફેરવો એટલે ટાંકણીનું માથું કાળા ભાગની મધ્યમાં આવેલું અને દીવાની બરાબર સામે વળેલું દેખાશે; બીજા પા ગોળમાં ફેરવો એટલે ટાંકણીનું માથું દીવાના અજવાળામાં આવેછે—દીવો ઉદય પામ્યો છે. બીજા પા ગોળમાં ફેરવો એટલે નારંગી એક ફેરો ફરી રહેછે અને દીવાનો પ્રકાશ પહેલાંની પેઠે પાછો છેક માથાપર પડેછે.

૪૩. માટે નારંગીને માત્ર ગોળ ફેરવ્યાથી દીવો ટાંકણીના માથાપર થઇને ગયો, આથમ્યો, અને ઊગ્યો, અને તેની તેજ જગ્યાએ પાછો આવ્યો, એવું દેખાયું.

૪૪. એજ પ્રમાણે પૃથ્વીનું સમજવું. જેવી રીતે નારંગી ફરી તેવીજ રીતે સોયાની આસપાસ ન ફરતાં ધ્રુવમાં થઇને જનારી કલ્પિત ધરીની આસપાસ પૃથ્વી ફરેછે.

૪૫. એમ દિવસ અને રાત થાયછે, અને હરકોઈ વેળા જે સ્થળે સૂર્ય હોયછે તેજ સ્થળે બીજે દિવસે ફરીને આવતાં ચોવીસ કલાક લાગતા ભાસેછે તેપરથી આપણે જાણીએ છીએ કે ખરેખર તો પૃથ્વીને પોતાની ધરીપર એક ફેરો ફરતાં ચોવીસ કલાક લાગેછે. (કલમ ૪૧.)

૪૬. હવે આપણે નિશાળમાંના પૃથ્વીના ગોળાનો ફરીને ઉપયોગ કરીએ. એક ગોળો લો અને તેના મધ્ય બિંદુની સપાટીએ તેનાથી થોડાક ફુટને છેટે દીવો મૂકો. એ ગોળાની ધરીને ઊભી રાખી તેને ફેરવો, તેને સ્થિર રાખીશું અથવા ઝડપથી ફેરવીશું

તોપણ દીવા ભણીના અડધા ભાગપર અજવાળું પડશે અને દી-
વાથી આઘેના ભાગપર અંધારૂં રહેશે. ગોળો સ્થિર હોયછે ત્યારે
એક પડખાનાં સ્થળોપર અજવાળું પડેછે અને સામેના પડખાનાં
સ્થળોપર અંધારૂં રહેછે. તમે ગોળાને જેમ જેમ ફેરવોછો તેમ
તેમ પ્રત્યેક સ્થળ અનુક્રમે અજવાળામાં આવી પાછું અંધારામાં
જાયછે. અને દીવો સ્થિર રહેછે, તથાપિ ગોળાના ભ્રમણથી તેના
પૃષ્ઠના દરેક ભાગપર વારા ફરતી અજવાળું અને અંધારૂં પડેછે.

૪૭. હવે નિશાળના નાના ગોળાને બદલે પૃથ્વી ધારો અને થોડા
અજવાળાવાળા દીવાને ઠામે મહાન્ સૂર્ય ધારો. તો ધરીપર
પૃથ્વીના ભ્રમણથી દરેક દેશમાં વારા ફરતી અજવાળું અને
અંધારૂં શી રીતે થાયછે તે તમારા લક્ષમાં આવશે.

૪૮. નારંગીમાં ઘોંચેલા સોયાને બદલે અને ગોળાના સળિ-
યાને ઠામે પૃથ્વીની અંદર થઈને ખરેખરો દાંડો જાયછે અને
પૃથ્વી તેની આસપાસ ફરેછે એવું તમારે ધારવું નહિ. પૃથ્વીની
ધરી માત્ર કલ્પિત લીટી છે અને સામસામાં જે બે બિંદુએ એ
લીટી પૃષ્ઠને અડકેછે અને એ ધરી નજરે દેખાય એવી હોત તો
જે બિંદુએ એ દાંડાના છેડા બહાર નીકળત તે બિંદુઓને પૃથ્વીના
ગોળાપર અને ખુદ પૃથ્વીપર उत्तर ध्रुव अने दक्षिण ध्रुव
અઘાપિ કહેછે.

૪૯. માટે આ ધરીની આસપાસ પૃથ્વી દર ચોવીસ કલાકે
એક ફેરો ફરેછે. એ વખતે સૂર્ય આકાશમાં સ્થિર હોઈ સદા
એક સરખો પ્રકાશેછે. પરંતુ પૃથ્વીના જે ભાગ હરકોઈ ક્ષણે
તેની ભણી વળેલા હોયછે તે ભાગપર માત્ર પ્રકાશ પડેછે.
તમે દીવાની સામે પ્રથમ નારંગી મૂકી અને પછી ગોળો
મૂક્યો તેવારે જેમ એક બાજૂ પ્રકાશવાળી અને બીજી નિસ્તેજ
હતી તેમ પૃથ્વીની એક બાજૂ સદા પ્રકાશિત અને એક બાજૂ
નિસ્તેજ હોવી જોઈએ. હવે પૃથ્વીને ગતિ ન હોત તો તેના
અડધા પૃષ્ઠપર કદી પ્રકાશ પડત નહિ અને અડધું પૃષ્ઠ કદી

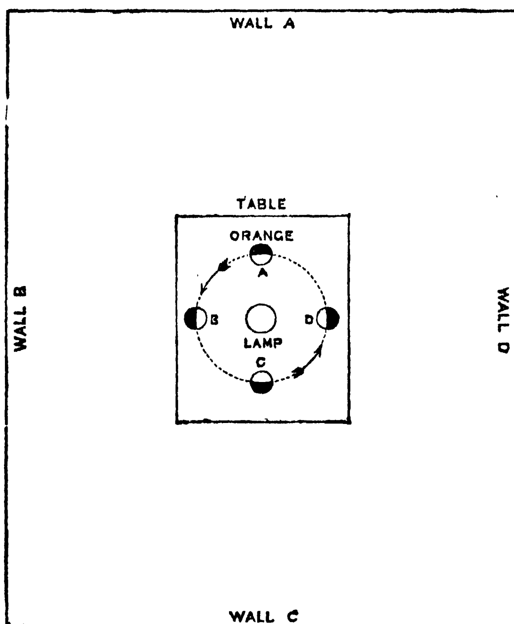
અંધારામાં રહેત નહિ એ તમારા લક્ષમાં સહજ આવશે. પરંતુ તે ફરેછે તેથી પ્રત્યેક ભાગ વારા ફરતી અજવાળામાં અને અંધારામાં આવેછે. આપણને સૂર્યનો પ્રકાશ મળેછે ત્યારે દિવસ હોયછે અને આપણે નિસ્તેજ બાજૂપર હોઈએ છીએ ત્યારે રાત હોયછે.

૫૦. સૂર્ય પૂર્વથી પશ્ચિમ ભણી જતો દેખાયછે. ૩૮ મી કલમમાં જે કારણ આપ્યું છે તે કારણને લીધે પૃથ્વીની વાસ્તવિક ગતિ એનાથી કેવળ ઉલટી છે, એટલે તે પશ્ચિમથી પૂર્વ ભણી ફરેછે. પ્રાતઃકાળે આપણે સૂર્યના પ્રકાશમાં આવીએ છીએ તે પૂર્વમાં દેખાય છે. સૂર્ય ધીમે ધીમે આકાશમાં ઊંચો ચઢી બપોરે ઊંચામાં ઊંચો આવેલો ભાસેછે, અને ધીમે ધીમે નીચો જઈ પશ્ચિમમાં આથમેછે એટલે પૃથ્વીના ભ્રમણને લીધે આપણે પાછા અંધારામાં જઈએ છીએ. જેમ દિવસે સૂર્ય ઊગેછે અને આથમેછે તેમ તારા રાતે એક પછી એક ઊગેછે અને આથમેછે તેપરથી રાત્રિએ પૃથ્વીની ગતિ આપણા જાણવામાં આવેછે.

§ ૬.—पृथ्वीनुं पोतानी धरी उपर भ्रमण एज मात्र तेनी गति नथी.

૫૧. હવે સંભવેછે કે આ સત્યો વિષે તમારી ખાતરી થઈ હશે. ૧. પૃથ્વી ગોળ છે. ૨. પૃથ્વી ભમરડાની પેઠે ફરેછે, અને ૩. એ રીતે ફરતી નહોય તો રાત્રિ દિવસ થાય નહિ, તેથી એ ભ્રમણને લીધે રાત્રિ દિવસ અનુક્રમે નિયમસર થયાં કરેછે.

૫૨. તો આપણે ઠીક સિદ્ધ કર્યું કે પૃથ્વીને એક ગતિ છે. હવે પ્રશ્ન એ ઊઠેછે કે તેને એક કરતાં વધારે ગતિ છે કે નહિ? આ પ્રશ્નનો નિર્ણય શી રીતે કરીએ? વારૂ જે ફેરફાર આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે તે સઘળા આ એક ગતિને લીધે થાયછે કે નહિ તે પ્રથમ જોઈએ.



ચિત્ર ૧૧ મું.—સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીના ભ્રમણુની સમજૂતી.

૫૩. આપણે ફરીને દીવો અને નારંગી લઈએ, અને ભીંત-પર પુષ્કળ છબીઓ ટાંગેલી હોય એવા ઓરડામાં તે છે એમ ધારીએ. તમે વિચારમાં પડશો કે છબીઓનું શું કામ હશે? તો એ છબીઓ આકાશમાંના તારાને ઠામે સમજવી. જે અવકા-શમાં પૃથ્વી અને સૂર્ય છે તે અવકાશની ચોમેર ફરતા તારા છે, તેઓને આપણે દિવસે જોઈ શકતા નથી તેનું કારણુ એ કે સૂ-ર્યનું તેજ ઘણું છે. માટે દીવાની અને નારંગીની આસપાસ છબીઓ રાખીએ તો તેઓ તારાને ઠામે કામ લાગે. છત અને ભોંયતળીઆ-પર પણુ છબીઓ મૂકવી તો જોઈએ, પરંતુ ત્યાં પણુ છબીઓ મૂકેલી છે એવું આપણે માની લઈએ.

૫૪. હવણા દીવો સ્થિર છે તથા નારંગી સ્થિર છે એમ ધારો. એને ફેરવશો પણ નહિ. એટલે પાછળ કહ્યા પ્રમાણે નારંગીને પૃથ્વી ધારીશું, અને દીવાને સૂર્ય ધારીશું તો નારંગીનો જે ભાગ દીવાવડે દર્શાવેલા સૂર્ય ભણી હશે તે ભાગપર નિરંતર દિવસ હશે અને દીવો (સૂર્ય) તેને તેજ સ્થળે સદા દેખાશે; જે ભાગ સૂર્યથી વિમુખ હશે તે ભાગમાંથી તેની તેજ છબીઓ (તારા) તેને તેજ સ્થળે નિરંતર દૃષ્ટિએ પડશે. પ્રકાશ અને છાયાની હદની થડમાંના નારંગી (પૃથ્વી) ના ભાગમાંથી તેના તેજ દીવો (સૂર્ય), છબીઓ (તારા) તેને તેજ સ્થળે ક્ષિતિજ (કલમ ૨૭) ની સમીપ નિરંતર નજરે પડશે.

૫૫. હવે પૃથ્વી ઉપરથી જોનારને ઠામે નારંગીના વિષુવવૃત્ત (કલમ ૪૧) માં ટોચ લગી ટાંકણી ઘોંચો, પૃથ્વીનું ભ્રમણ દર્શાવવાને નારંગીને ગોળ ફેરવો, અને જુઓ કે જે વેળા ટાંકણીના માથાવડે દર્શાવેલો જોનાર પ્રકાશવાળા અર્દ્ધભાગની મધ્યમાં હોયછે તે વારે કેવળ સામેનો ભાગ નિસ્તેજ અર્દ્ધ ભાગની મધ્યમાં હોયછે, તથા નારંગીને અડધો આંટો ફેરવ્યાથી ટાંકણીનું માથું પ્રકાશિત ભાગના મધ્યમાંથી નિસ્તેજ ભાગના મધ્યમાં આવેછે. હવે આ બે સ્થિતિ—એટલે પ્રકાશિત અર્દ્ધ ભાગનું મધ્ય અને નિસ્તેજ અર્દ્ધ ભાગનું મધ્ય—પૃથ્વીના ભ્રમણને લીધે મધ્યાન્હે અને મધ્યરાત્રે સૂર્યના સંબંધમાં જે સ્થિતિમાં જોનાર હોયછે લગભગ તે સ્થિતિ દર્શાવેછે.

૫૬. એ પરથી તમારા લક્ષમાં ઝટ આવશે કે સૂર્ય અને પૃથ્વી પોતપોતાનાં સ્થળમાંથી ન ખસે તો અમુક તારા મધ્ય, રાત્રે, અમુક તારા પ્રાતઃકાળે અને અમુક તારા સાયંકાળે નિરંતર દૃષ્ટિએ પડે.

૫૭. આ બાબતનું ચિત્રોની મદદથી સારી પેઠે મનન કરો, કારણ કે એ બાબત સ્પષ્ટ સમજવાની ઘણી અગત્ય છે.

૫૮. હવે મધ્યરાત્રે તેના તેજ તારા સદા દૃષ્ટિએ પડેછે એ સત્ય છે? ના. તેા સત્ય શું છે?

(૧). ઊનાળામાં મધ્ય રાત્રે આકાશમાં તારા નિહાળીએ છીએ અને ફરીને શિયાળામાં તેજ સમયે જોઈએ છીએ તેા ભિન્ન ભિન્ન તારા દૃષ્ટિએ પડેછે. તેા છ માસમાં ઘણેા ફેર જણાયછે.

(૨). ઘણા દિવસ લગી લાગલાગટ મધ્ય રાત્રે તારા ભણી નજર કરીએ છીએ તેા તેમને હળવે હળવે પશ્ચિમ ભણી જતા ભાળીએ છીએ. તેા થેાડા દિવસમાં લગીર ફેર પડેછે.

(૩). એક વર્ષ વીત્યા કેડે તેના તેજ તારા મધ્ય રાત્રે દૃષ્ટિએ પડેછે.

૫૯. હવે જે દિશામાં પૃથ્વી ફરેછે તેજ દિશામાં નારંગીને દીવાની આસપાસ ફેરવો, એટલે એ પરથી તમામ બનાવેાનેા ખુલાસેા મળેછે એવું સહજ સમજાશે.

૬૦. મેં ૧૧ મા ચિત્રમાં દીવેા, નારંગી, મેજ, અને ઓરડેા એએાનું ચિત્ર આપ્યુંછે. તે તમે ઉપરથી જુઓ એમ ધાર્યું છે. નારંગી પ્રથમ A આગળ છે એમ ધારેા. તેા નિસ્તેજ બાજૂપરથી જોનારાને મધ્યરાતે સૂર્યની સામેના તારા એટલે A દીવાલ પરની છબીએા દેખાશે; B આગળ મધ્ય રાતે સૂર્યની સામેના તારા એટલે B દીવાલ પરની છબીએા દૃષ્ટિએ પડશે; તેથી પહેલાં જે તારા દેખાતા હતા તેના તેજ તારા દેખાતા નથી. એજ પ્રમાણે C અને D આગળ C અને D ભીંતેા પરની છબીએા દેખાશે.

૬૧. હવે બીજું મારે તમને એ બતાવવું જોઈએ કે જે પરિણામ આપણા જેવામાં આવેછે અને જેનાં કારણેા આપણે આપ્યાં છે તેજ પરિણામ પૃથ્વીની આસપાસ ઉલટી દિશામાં સૂરજને ફરતેા ધારવાથી પણ નીપજે. પરંતુ આપણે જાણીએ છીએ કે સૂર્યની આસપાસ વાસ્તવિક ફરનાર પૃથ્વી છે. સૂર્ય પૃથ્વીની આસપાસ ફરતેા નથી.

§ ૭.—पृथ्वी वर्षमां एकवार सूर्यनी आसपास फरेछे.

૬૨. તો પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર દિવસમાં એકવાર ફરે-છે એટલુંજ નહિ, પરંતુ સૂર્યની આસપાસ પણ ફરેછે. પૃથ્વીના હરકોઈ ભાગમાંથી, ભરતખંડ, ઇંગ્લાંડ, અમેરિકા, અથવા આસ્ટ્રેલિયામાંથી, મધરાતે અથવા પ્રત્યેક રાત્રિએ તેને તેજ કલાકે જોતાં દૃષ્ટિગોચર તારા નિરંતર બદલાયછે તેનું કારણ એ રીતે આપણા જાણવામાં આવ્યું. વળી એવું પણ માલૂમ પડયું કે તેઓમાં થોડી રાત્રે અતિ અલ્પ ફેર જણાયછે, છ માસમાં ઘણો વધારે જણાયછે, અને બાર મહીના કેડે તેના તેજ તારા પાછા તેને તેજ સ્થળે દેખા દેછે.

૬૩. હવે વિદ્યાર્થી ફરીને નારંગી અને દીવાનો ઉપયોગ કરી જોશે તો જણાશે કે પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર એક દિવસમાં ફરી રહેછે तेवीज રીતે તે सूर्यनी आसपास एक वर्षमां प्रदक्षिणा करेछे.

૬૪. કારણ, એ સ્પષ્ટ છે કે સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીને ફરી રહેતાં માત્ર છ મહીના લાગે તો છ મહીનામાં તેના તેજ તારા મધ્ય રાત્રીએ દેખાય, અને હરકોઈ બીજો સમય તમે બતાવો તે સમયમાં પણ એજ પ્રમાણે દેખાય. તો વર્ષની ઉત્પત્તિ આ પ્રમાણે છે. સૂર્યની આસપાસ ફરવાના માર્ગમાં તેને તેજ સ્થળે પાછા આવતાં પૃથ્વીને જે કાળ લાગેછે તેને વર્ષ કહેછે.

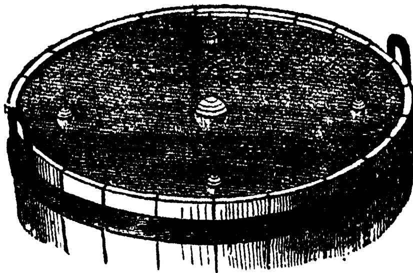
§ ૮.—पृथ्वीनी बन्ने गति एकज सपाटीमां नथी.

૬૫. તમારામાંના કોઈ એવો પ્રશ્ન પૂછે કે "સૂર્યની આસ-પાસ પૃથ્વી શી રીતે ફરેછે? તે ઠેકડા મારેછે, કે ઊંચી નીચી જાયછે, કે સદા સરખી રીતે એકજ સપાટીમાં ફરેછે"? હું કહુંછું કે ઘણા સપાટ ઘોડદોડના રસ્તાપર ઘોડા દોડેછે તેમ પૃથ્વી સરળ રીતે અને સદા એકજ સપાટીમાં ફરેછે. આ બિ-ના યથાસ્થિત સમજવા માટે અતિ વિસ્તીર્ણ સમુદ્ર લેઈ તેમાં

પૃથ્વી અને સૂર્ય અડધાં બૂડેલાં તરેછે એમ ધારો; પછી પૃથ્વીને લગભગ ગોળ માર્ગમાં સૂર્યથી લગભગ સમાન અંતરે સદા રહી સૂર્યની આસપાસ વર્ષમાં એકવાર ફરતી ધારો.

૬૬. હવે પાંચ ગોળા લો. ચાર ગોળા સરખા લેવા અને પાંચમો ગોળો સૂર્ય દર્શાવવાને તેમનાથી મોટો લેવો. તેઓમાં એટલો ભાર ભરવો કે પાણીમાં તેઓ અડધા બૂડેલા રહે, અને પછી ૧૨ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણી ભરેલા કૂંડામાં તેઓને મૂકો.

૬૭. હવે આપણી પાસે સૂર્યનું અને વાર્ષિક ભ્રમણમાં પૃથ્વી ચાર ઠેકાણે હોયછે તેનું ચિત્ર થયું. પૃથ્વીની ગતિ સરળ છે એટલુંજ નહિ, પરંતુ तेनी गति एकज सपाटीमां छे, એ મારે તમને સમજાવવું છે; કૂંડામાંના પાણીના પૃષ્ઠને અથવા ગંજીફાના સપાટ પૃષ્ઠને સપાટી કહેછે; અને પાણીમાં ગોળા બરાબર અડધા બૂડેલા હશે તો જેમ તેમનાં મધ્ય બિંદુઓ પાણીની સપાટીમાં હશે તેમ જે સપાટીમાં પૃથ્વી ફરેછે તે સપાટી પૃથ્વી અને સૂર્યનાં મધ્ય બિંદુઓમાં થઈને જાયછે.



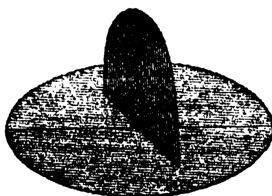
ચિત્ર ૧૨ મું.—ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી.

વળી પાણીના સપાટ પૃષ્ઠવડે દર્શાવેલી સપાટીને क्रांतिवृत्तनी सपाटी કહીએ.

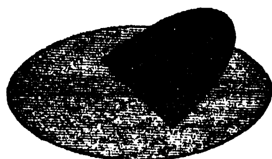
૬૮. તો આ પરથી સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીના વાર્ષિક ભ્રમણની સપાટી નક્કી થઈ; ક્રાંતિવૃત્તની આ સપાટી પૃથ્વીની ઘોડદોડ છે. પોતાની ધરીપર પૃથ્વીની દૈનિક ગતિની સપાટી અથવા વિષુવવૃત્તની સપાટી જોડે આ સપાટીને શો સંબંધ છે તે આપણે જોઈએ.

૬૯. હવે સ્પષ્ટ છે કે પૃથ્વીની ધરી ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીપર ઊભી છે અથવા તેની જોડે " કાટખૂણો " કરેછે એમ ધારીએ તો જે ધરીપર પૃથ્વી ફરેછે તેની સપાટી અને સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીની ગતિની સપાટી એકજ થશે. આ પ્રકાર ૧૨ મા ચિત્રમાં દર્શાવેલો છે.

૭૦. પરંતુ આ સપાટીઓ શું એકજ છે? તેઓ એકજ છે એમ ધારીએ. નાના ગોળામાંના એકમાં ટાંકણી ઘોંચી કડીનો ભમરડો કે ચકરડી ફેરવીએ છીએ તેની પેઠે ઊભો ફેરવો. સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી એજ પ્રમાણે ફરેછે. તમારા જોવામાં આવશે કે આવું અનુમાન કરવાથી દિવસ સદા સરખા લાંબા



ચિત્ર ૧૩ મું.—બે સપાટી એક એકને કાટખૂણે છેદેછે.

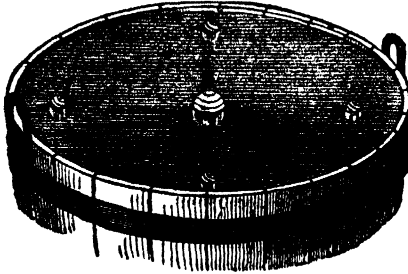


ચિત્ર ૧૪ મું.—બે સપાટી એક એકને ત્રાંસી છેદેછે.

થશે, કારણ કે પ્રકાશ અને છાયાંની સીમા બંને ધ્રુવમાં થઈને જશે; માટે ભ્રમણની ગતિ સમાન હોત તો પૃથ્વીના

પૃષ્ઠના પ્રત્યેક ભાગમાં સરખો કાળ પ્રકાશ અને અંધારૂં રહેત. પરંતુ બધા દિવસ સરખા લાંબા હોતા નથી; શિયાળામાં દિવસ ટૂંકા અને રાત લાંબી, અને ઊનાળામાં દિવસ લાંબા અને રાત ટૂંકી હોયછે; અને વળી ઇંગ્લાંડ અને અમેરિકામાં શિયાળો હોયછે તેવારે આસ્ટ્રેલિઆમાં ઊનાળો હોયછે.

૭૧. એ કારણથી બંને ગતિની સપાટીઓ એકજ હોઈ શકે નહિ; પરંતુ ૧૪ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તેમને પરસ્પર ઢળતી માનીએ તો તમામ બનાવોનો ખુલાસો મળી શકે; માટે સૂર્યની આસપાસ ફરવામાં પૃથ્વીની ધરી વાસ્તવિક રીતે કેવી રહેછે તે ૧૫ મા ચિત્રમાં નાના ગોળાવડે દર્શાવ્યું છે; એ ગોળા ૧૨ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ઊભા ફરતા નથી, પરંતુ તેમના આંસ ઢળતા છે.



ચિત્ર ૧૫ મું.—પૃથ્વી અને તેની દૈનિકગતિનો ઢળતો આંસ.

§ ૯.—दिवस अने रात्रि शा कारणथी असमान छे.

૭૨. હવે ફૂંકું મૂકી દેઈ ફરીને દીવો અને નારંગી લેઈએ. યાદ રાખવું કે ૧૦ મી આકૃતિમાં સોયાને ઊભો રાખ્યો હતો તેમ રાખવો ન જોઈએ અને જે ક્ષિતિજસમસૂત્ર સપાટીમાં દીવાના મધ્ય બિંદુને અને નારંગીના મધ્ય બિંદુને જોડનારી લીટી આવેલી છે તે ક્ષિતિજસમસૂત્ર સપાટી વડે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી દર્શાવેલી છે

૭૩. આપણે રાત્રિ અને દિવસનું કારણ પાછળ આપી ગયા. હવે વર્ષની જુદી જુદી ઋતુઓમાં તેઓ શા કારણથી લાંબાં ટૂંકાં થાયછે તે સમજાવીએ. અગાઉની પેઠે ઓરડાના મધ્ય ભાગે મેજપર દીવો મૂકો, અને સોયાનો ઉપલો છેડો દીવાથી થોડેક છેટે ઢળતો રાખી પહેલાંની પેઠે નારંગીને તેટલીજ ઊંચી રાખો. આપણે સોયાના ઉપલા છેડાને ઉત્તર ધ્રુવ કહીએ.

૭૪. હવે નારંગીને ગોળ ફેરવશો તો જણાશે કે નારંગીનો જે ભાગ ઉત્તર ધ્રુવની થડમાં છે તેપર પ્રકાશ પડતો નથી અને દક્ષિણ ધ્રુવની આસપાસના ભાગપર સદા પ્રકાશ પડેછે. નારંગીને ગમે તેટલી ઝડપથી ફેરવશો તોએ એજ પ્રમાણે થશે; પરંતુ વિષુવવૃત્તની પાસેના ભાગોપર અગાઉની પેઠે વારા ફરતી અજવાળું અને અંધારૂં પડેછે. હવે ઉત્તર ધ્રુવની સમીપ ઊભા રહીને જોનારને ઠામે નારંગીમાં એક ટાંકણી ઘોંચી ફરીને નારંગીને ફેરવશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે તે જોનાર પ્રકાશિત ભાગમાં કદી આવતોજ નથી; દક્ષિણ ધ્રુવની પાસે ટાંકણી ઘોંચશો તો તે જોનારની નજરે સદા દીવો પડશે. માટે સૂર્યના સંબંધમાં પૃથ્વીની આ સ્થિતિ હોયછે ત્યાંલગી ઉત્તર ધ્રુવ આગળના માણસને સદા રાત્રિ અને દક્ષિણ ધ્રુવ આગળના માણસને સદા દિવસ હોયછે.

૭૫. વિષુવવૃત્ત અને ઉત્તર ધ્રુવની વચ્ચે લગભગ મધ્ય ભાગે નારંગીમાં ફરીને ટાંકણી ઘોંચી નારંગીને ફેરવશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે જેમ નારંગીની જોડે ટાંકણી ગોળ ફરેછે તેમ નારંગીના પ્રકાશિત ભાગપર તેની મુસાફરી જેટલી લાંબી હોયછે તેના કરતાં જે ભાગપર પ્રકાશ પડતો નથી તે ભાગપર વધારે લાંબી મુસાફરી હોયછે. એ કારણથી એ બિંદુએ દિવસ કરતાં રાત વધારે લાંબી હોયછે; અને ટાંકણીને ઉત્તર ધ્રુવની જેમ વધારે થડમાં રાખશો તેમ

તેનાપર થોડીવાર પ્રકાશ રહેશે અને તે છેક ઉત્તરમાં જાયછે એ. ટલે તેનાપર બિલકુલ પ્રકાશ પડતો નથી.

૭૬. પરંતુ એ ટાંકણીને નારંગીના ઉત્તરાર્દ્ધમાં વિષુવવૃત્તની જેમ વધારે થડમાં મૂકોછો તેમ વધારે વાર લગી પ્રકાશમાં તે રહેછે, અથવા દિવસ વધારે લાંબા અને રાત વધારે ટૂંકા થાયછે, તથા પ્રકાશમાં અને અંધારામાં કરેલી મુસાફરી વિષુવ-વૃત્તપર બરાબર સરખી હોયછે, એટલે દિવસ અને રાત્રિ કેવળ સમાન હોયછે.

૭૭. વિષુવવૃત્તની દક્ષિણ બાજૂએ એનાથી કેવળ ઊલટું બનેછે; ટાંકણીને દક્ષિણ ધ્રુવ ભણી જેમ વધારે ખસતી રાખો-છો તેમ પ્રકાશમાં વધારે વાર લગી તે મુસાફરી કરેછે અને ધ્રુવ આગળ તેનાપર કદી અંધારૂં પડતું નથી.

૭૮. હવે સોયાને દીવાથી વધારે ઢળતો રાખશો તો હર-કોઈ સ્થળે ટાંકણી મૂકશો ત્યાં દિવસ અને રાત્રિ વધારે વધારે અસમાન થતાં જણાશે. માત્ર વિષુવવૃત્તમાં તેઓ સમાન રહેશે. એને દીવાથી ઓછો ઢળતો રાખશો તો એ અસમાનતા ઓછી થશે; માટે તે છેક ઊભો હોયછે તે વારે નારંગીના બધા ભાગ. પર રાત્રિ દિવસ સમાન હોયછે. તમે જાણોછો કે ઇંગ્લાંડ દેશ વિષુવવૃત્તની ઉત્તરે વિષુવવૃત્ત અને ધ્રુવની લગભગ મધ્ય ભાગે, પરંતુ વિષુવવૃત્ત કરતાં ધ્રુવની કાંઈક વધારે થડમાં છે; અને તમને આ પણ ખબર છે કે શિયાળામાં રાત્રિ કરતાં દિવસ બહુ ટૂંકા હોયછે, અને એ માટે જેવી રીતે અને જે દિશામાં નારંગીની ધરી વાંકી છે તેવી રીતે અને તે દિશામાં પૃથ્વીના આંસને વાંકો ધારવાથી એનું કારણ સહજ જાણવામાં આવેછે. માટે નારંગીની જે સ્થિતિ વિષે ઉપર કહી ગયા તે સ્થિતિમાં શિયાળામાં પૃથ્વી હોયછે.

૭૯. પરંતુ ઇંગ્લાંડમાં કાંઈ હમેશ શિયાળો હોતો નથી અને શિયાળા કેડે વસંતઋતુ.આવેછે તે વારે તા. ૨૨ મી માર્ચે દિવસ અને રાત્રિ સરખાં.થાયછે; પછી બીજા ત્રણ મહિનામાં

ઊનાળો બેસેછે તે વારે રાત્રિ કરતાં દિવસ મોટા હોયછે; શિયાળામાં જે બનેછે તેનાથી એ કેવળ ઊલટું છે. શરદ્ ઋતુમાં તા. ૨૨મી સપ્ટેંબરે દિવસ અને રાત્રિ પાછાં સમાન હોયછે. આમ થવાનું શું કારણ? આપણે ફરીને નારંગી લેઈ એ વિષે વિચાર કરીએ; નારંગીની ધરીનો વાંક ઓછો ઓછો કરી વસંત ઋતુ દર્શાવવાને તેને છેક ઊભી રાખીએ અને પછી ઊનાળો દર્શાવવાને તેને દીવા ભણી ઢળતી રાખીએ, કારણ કે ઉપર



ચિત્ર ૧૬ મું.— ઉત્તરાયનમાં, એટલે તા૦ ૨૨મી જૂને (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

જે કહી ગયા તે પરથી તમારા જોવામાં આવશે કે ઉત્તર ધ્રુવ દીવાથી વિમુખ હોયછે તો દિવસ કરતાં રાત્રિ મોટી હોયછે; તે છેક ઊભો હોયછે તેવારે તેઓ સમાન હોયછે અને દીવાની તે સન્મુખ હોયછે તે વારે રાત્રિ કરતાં દિવસ મોટા હોયછે; પરંતુ

પૃથ્વીની ધરીની દિશા એ રીતે ફરતી નથી, કારણ કે એ દિશા વરસના બધા સમયે ધ્રુવ નામે તેના તેજ તારા ભણી લગભગ આપણા જોવામાં સદા આવેછે.

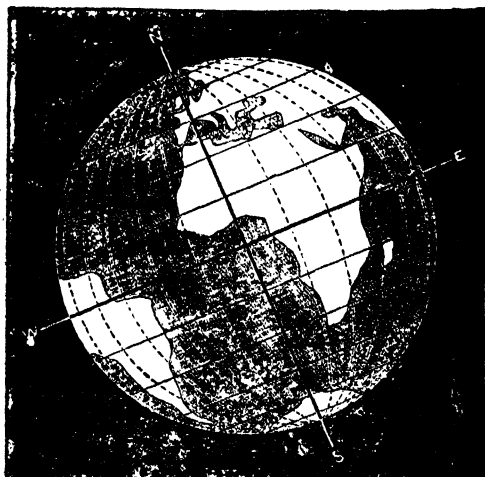
૮૦. માટે આપણે બીજી રીત અજમાવીએ. ધરીને તેની તેજ દિશામાં વળેલી રાખો, અથવા વધારે વાસ્તવિક કહીએ તો, સોયા વતી દર્શાવેલી ધરીને સદા તેની આગલી સ્થિતિને સમાંતર રાખી ઘડીઆળના કાંટા જે દિશામાં ફરેછે તેની ઊલટી દિશામાં નારંગીને દીવાની આસપાસ ફેરવો; નારંગીને



ચિત્ર ૧૭ મું.—દક્ષિણાયનમાં, એટલે તા૦ ૨૨ મી ડીસેંબરે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

તેની ધરીપર ફેરવતા ફેરવતા દીવાની આસપાસ ફરવાના આખા ગોળના એક ચતુર્થાંશમાં લેઈ જાઓ અને અગાઉની પેઠે દહાડો રાતની લંબાઈ કેટલી હોયછે તે જુઓ; તમારા જોવામાં આવશે કે બંને ધ્રુવ પ્રકાશિત અને નિસ્તેજ અર્દ્ધ ભાગને

વિખૂટા પાડનારી હદમાં હોયછે, અને નારંગીના પ્રત્યેક ભાગનો પ્રકાશ અને અંધારામાં ફરવાનો કાળ સરખો હોયછે. આ સ્થિતિમાં પૃથ્વી આવેછે તે વારે વસંત ઋતુનો આરંભ એટલે તા૦ ૨૨ મી માર્ચ હોયછે.

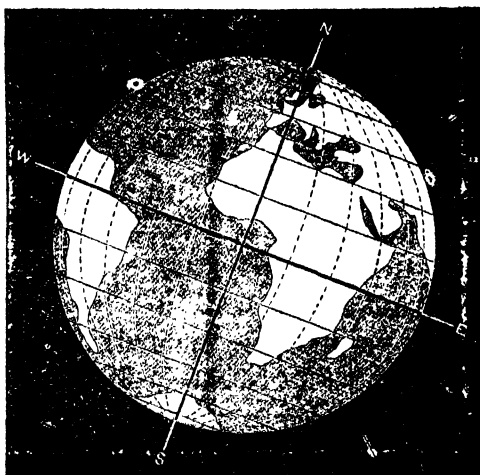


ચિત્ર ૧૮ મું.—મહાવિષુવમાં એટલે તા૦ ૨૨મી માર્ચે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

૮૧. નારંગીને દીવાની આસપાસ બીજો પા ગોળ ફેરવો; તો તમારા જોવામાં આવેછે કે ઉત્તર ધ્રુવ દીવાભણી વળેલો હોયછે અને વિષુવવૃત્તની ઉત્તરના દરેક સ્થળમાં અથવા ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાં રાત્રિ કરતાં દિવસ મોટો હોયછે એટલે ઊનાળો હોયછે, અને દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં એથી ઊલટું હોયછે. એમ નારંગીને દીવાની આસપાસ અડધો આંટો ફેરવ્યાથી તદ્દન ઊલટો પ્રકાર જોવામાં આવેછે.

૮૨. બીજો પા આંટો ફેરવ્યાથી શરદ્ ઋતુમાં તા૦ ૨૨મી સપ્ટેંબરે દિવસ અને રાત્રિ ફરીને સરખાં થાયછે; વળી બીજો એક આંટો ફેરવ્યાથી નારંગી પોતાની અસલની સ્થિતિમાં આવેછે.

૮૩. એજ પ્રમાણે સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી વર્ષમાં એક ફેરો ફરેછે. પ્રથમ શિયાળો આવી વસંત ઋતુ કેડે ઊનાળો બેસેછે અને ઊનાળા કેડે શરદ્ ઋતુ બેશી ફરીને શિયાળો આવેછે; વસંત અને શરદ્ ઋતુઓમાં દિવસ અને રાત્રિ સમાન હોયછે તે વારે પૃથ્વીની સ્થિતિઓને अयन बिंदुओ કહેછે.



ચિત્ર ૧૯ મું.—વિષુપદમાં એટલે તા૦ ૨૨મી સપ્ટેંબરે (લંડન શહેરમાં મધ્યાન્હે) સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીનો દેખાવ.

૮૪. વળી તમારા જોવામાં આવશે કે ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાં સૂર્ય ઊનાળામાં ઉત્તર ધ્રુવની આસપાસનાં સ્થળોમાં ક્ષિતિજની ઉપલી મેર નિરંતર દેખાયછે; કારણ કે પશ્ચિમમાં ન આથમતાં

ક્ષિતિજની ઉપલીમેર ઉત્તરથી પૂર્વમાં પાછો જતો ગોળ ફરતો દેખાયછે, અને શિયાળામાં તે સદા ક્ષિતિજની નીચલી બાજૂએ હોયછે, કદી ઊગતોજ નથી. દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં એજ પ્રમાણે બનેછે, તેથી બંને ધ્રુવમાં ૭ મહિનાનો દિવસ અને ૭ મહિનાની રાત હોયછે.

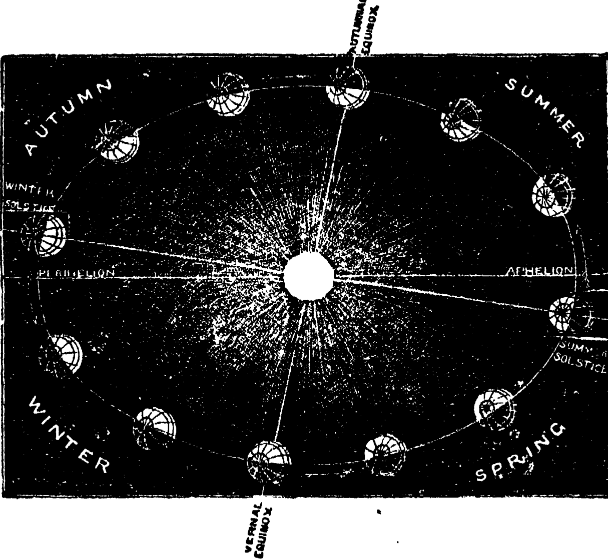
૮૫. વસંતઋતુમાં, ઊનાળામાં, શરદ્ ઋતુમાં અને શિયાળામાં સૂર્યમાંથી જોતાં પૃથ્વીના દેખાવનાં ચાર ચિત્ર મેં આપ્યાંછે. વરસને જુદે જુદે સમયે સૂર્ય જે બિંદુમાં હોયછે તે બિંદુ પ્રત્યેક ચિત્રનું મધ્ય બિંદુ છે. એમાંની દરેક સ્થિતિમાં શાળામાંનો પૃથ્વીનો ગોળો એકવાર ફરેછે એમ ધારશો તો મેં ઉપર જે કહ્યુંછે તે વધારે સ્પષ્ટ સમજાશે.

§ ૧૦.—ઋતુઓનો આધાર રાત્રિ દિવસની લંબાઈના અંતર ઉપર છે.

૮૬. દિવસ અને રાત્રિ નાની મોટી થવાનું કારણ તમારા સમજવામાં બરાબર આવ્યું હશે તો ઇંગ્લાંડમાં અને આસ્ટ્રેલિઆમાં એટલે વિષુવવૃત્તની ઉત્તરે અને દક્ષિણે ઊનાળો અને શિયાળો શા કારણથી થાયછે તે પણ તમારા સમજવામાં બરાબર આવ્યું હશે; જે વેળા ઇંગ્લાંડમાં ઊનાળો હોયછે તે વેળા આસ્ટ્રેલિઆમાં શિયાળો હોયછે; અર્થાત્ પૃથ્વીપર ઋતુઓ બદલાય છે, અને ઉત્તર તથા દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં (એટલે વિષુવવૃત્તના ઉત્તર અને દક્ષિણ ભણીના પૃથ્વીના અર્દ્ધ ભાગપર) વસંત ઋતુ, ઊનાળો, શરદ્ ઋતુ, અને શિયાળો અનુક્રમે આવ્યાં કરેછે તેનું કારણ તમારા લક્ષમાં બરાબર ઉતર્યું હશે.

૮૭. ઉત્તર અથવા દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં દિવસ લાંબા હોઈ રાત ટૂંકી હોયછે તે વારે તે ગોળાર્દ્ધમાં પ્રત્યેક ચોવીસ કલાકમાં જેટલીવાર સૂર્ય દેખાતો નથી તેનાથી વધારે વાર લગી દેખાયછે, તેથી ઉષ્ણતા ઘણી વધેછે, પરંતુ એ બેમાંના હરકોઇ ગોળાર્દ્ધમાં દિવસ ટૂંકા હોઈ રાત લાંબી હોયછે તે વારે જેટ-

લી વાર સૂર્ય દેખાયછે તેનાથી વધારે કાળ લગી દેખાતો નથી, તેથી ઉષ્ણતાનો અભાવ એટલે શીતળતા વધારે લાગેછે.



ચિત્ર ૨૦ મું.—ઋતુઓની સમજૂતી.

૮૮. શરદ્ ઋતુની પેઠે વસંત ઋતુમાં રાત્રિ દિવસ સમાન હોયછે, તથાપિ શિયાળામાં વિશ્રાંતિ મળ્યાથી વસંતઋતુમાં સૃષ્ટિની શક્તિઓમાં નવું ચૈતન્ય આવેછે તેથી વસંતઋતુ એ વનસ્પતિને નવા અંકુર ફૂટવાનો અને શરદ્ઋતુ એ પાન-ખરનો કાળ છે.

§ ૧૧.—સૂર્ય અને તારાની ગતિઓ પૃથ્વીના જુદા જુદા ભાગમાં શા કારણથી જુદી જુદી દેખાય છે.

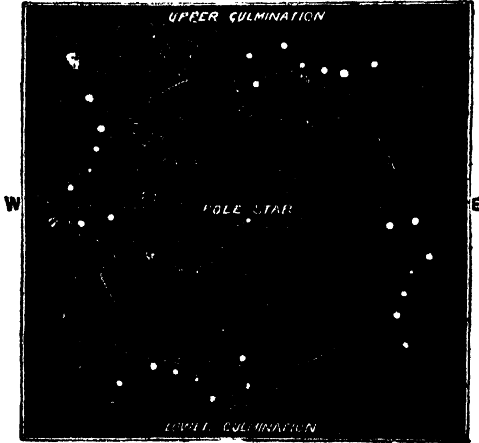
૮૯. પૃથ્વીના જુદા જુદા ભાગમાંથી જોતાં આકાશી પ-દાર્થોની ગતિઓ શા કારણથી અતિ ભિન્ન ભિન્ન દેખાય છે તે હવે મારે સમજાવવું જોઈએ.

૯૦. ધ્રુવ આગળ છ મહિનાની રાત અને છ મહિનાનો દહાડો તથા વિષુવવૃત્ત આગળ રાત્રિ દિવસ સદા સમાન હોયછે એટલુંજ નહિ, પણ ધ્રુવ આગળના તારા માથાપરના એક બિંદુની આસપાસ ફરતા દેખાય છે, ને તેથી ઊલટું વિષુવવૃત્ત આગળના તારા મથાળે ચડેછે તેઓ લગભગ સીધા ઊગેછે અને આથમેછે; ઇંગ્લાંડ, અમેરિકા અને આસ્ટ્રેલિઆમાં તેઓ વાંકા ઊગેછે અને આથમેછે, તેમ વિષુવવૃત્ત આગળ વાંકા ઊગતા અને આથમતા નથી.

૯૧. અહિં શી રીતે તારા ઊગેછે અને આથમેછે તે આપણે જાણ્યું, પરંતુ પૂર્વે અને પશ્ચિમ ભણીના તારાને બદલે આકાશના બીજા ભાગમાંના તારાની નિરીક્ષા કરી તેઓ શી રીતે ફરેછે તે નિહાળીએ; તમારા જોવામાં આવશે કે ઇંગ્લાંડમાં દક્ષિણ દિશાની થડમાંના તારા દક્ષિણની માત્ર જરાક પૂર્વમાં ઊગી બરાબર દક્ષિણ ક્ષિતિજની ઉપલીમેર ઊંચામાં ઊંચા બિંદુએ આવીને દક્ષિણની પૂર્વમાં જેટલે અંતરે ઊગેછે તેટલે અંતરે તેની પશ્ચિમમાં આથમેછે. જે તારા પ્રથમ પૂર્વમાં ઊગતા દેખાયછે તેઓ દક્ષિણતરફ ક્ષિતિજથી ઘણા વધારે ઊંચા જઈ પાછા પશ્ચિમમાં આથમેછે, ઉત્તરની પાસેના તારા ઊગતા નથી તેમ આથમતા નથી; તેઓ ક્ષિતિજની નીચે જતા નથી, પરંતુ ધ્રુવના તારાની આસપાસ ગોળ ફેરા ફરેછે. ૨૧ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે સપ્તઋષિ (કે ચિત્રશિખંડી) નામે નક્ષત્રમાંના બે તારા વડે દેખાડયાથી એ તારો ઝટ ઓળખાય છે. એ બે તારાની વચ્ચે થઈને લીટી દોરીએ-કીએ તે લગભગ ધ્રુવના તારા ભણી જાયછે.

૯૨. હવે તારાની ગતિ જુદા જુદા ભાગમાં જુદી જુદી હોયછે તે દેખાડવાને નિશાળમાંનો નાનો પૃથ્વીનો ગોળો લેઈ તેની ધરીને ઊભી રાખો, અને હરકોઈ સ્થળની ક્ષિતિજ સ્પષ્ટ બતાવવાને આશરે ઢબુ જેવડું ગંજીફાનું પાનું કાપી તેના મધ્ય બિંદુને ઉપલી ધરી અથવા ઉત્તર ધ્રુવની છેક

થડમાં ગોળા ઉપર ગુંદરવતી ચોંટાડો અથવા બની શકે તો તેને ધરી ઉપર મૂકો; ધ્રુવમાં અથવા ધ્રુવ આગળ ઊભેલો માણુસ ગંજીફાના પાનાની ઉપલી મેરનો પ્રત્યેક પદાર્થ જોઈ



ચિત્ર ૨૧ મું.—ધ્રુવનો તારો અને સપ્તઋષિના તારા. સપ્તઋષિના તારાને છ છ કલાકને અંતરે ચાર જુદી જુદી સ્થિતિમાં દર્શાવ્યા છે. એ તારા ધ્રુવના તારાની આસપાસ શી રીતે ફરતા દેખાયછે તે બતાવ્યું છે.

શકશે, પરંતુ તેની નીચલી મેરનો કોઈપણ પદાર્થ દેખાશે નહિ– વસ્તુતઃ પાનાની કોર તે માણુસની ક્ષિતિજ થાયછે. હવે પૃથ્વીની ગતિ દર્શાવવાને ગોળાને ફેરવો અને ભીંતપર ટાંગેલાં ચિત્રો (કલમ ૫૩) વડે દર્શાવેલા તારા ધ્રુવમાં ઊભેલા માણુસને કેવા દેખાય તે નિહાળો. તમારા જોવામાં ઝટ આવશે કે ગંજીફાનું પાનું પૈડાની પેઠે માત્ર ગોળ ફરેછે. અને જે ચિત્રો તેની ઉપલીમેર પ્રથમ હતાં તે ત્યાંને ત્યાંજ રહેછે. એજ પ્રમાણે ધ્રુવ આગ-

ળના માણુસને તારા ઊગતા કે આથમતા દેખાશે નહિ, પરંતુ ક્ષિતિજથી તેટલાજ ઊંચા અને હોકાયંત્રના બિંદુઓની આસપાસ ફરતા માત્ર દેખાશે. ધ્રુવનો તારો માથાપર રહી તારા તેની આસપાસ ગોળ ફરતા જણાશે. ભીંતપર ટાંગેલાં ચિત્રોમાંના કાગળના કડકાની સપાટી (કલમ ૬૭) ની નીચેના એક ચિત્રને સૂર્ય ધારશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે ગોળાને ફેરવ્યાથી તેનો ઉદયાસ્ત દેખાડી શકાતો નથી, જેમ ઋતુના ફેરફાર દર્શાવવાને પૃથ્વીની ધરીને વાંકી ધારીછે તેમ ગોળાની ધરીને વાંકી કર્યાથી તેને ક્ષિતિજની ઉપલીમેર માત્ર આણી શકાય. હવે તમને યાદ હશે કે પૃથ્વીનો ઉત્તર ધ્રુવ વરસના છ મહિના લગી સૂર્ય ભણી વળેલો હોયછે અને બીજા છ મહિના લગી તેનાથી વિમુખ હોયછે, તેથી ધ્રુવ આગળ ઊનાળાના છ મહિના લગી દિવસ અને શિયાળાના છ મહિના લગી રાત માત્ર હોઈ શકે; અને ૨૦ મા ચિત્રમાં જોવાથી જણાશે કે ઊનાળામાં ધ્રુવને ફરતા આખા વર્તુલમાં પ્રકાશ પડેછે તેથી પૃથ્વી ગોળ ફરેછે તે છતાં ત્યાં રાત પડતી નથી, અને એજ કારણુને લીધે શિયાળામાં દિવસ થતો નથી, પરંતુ વસંત અને શરદ્ ઋતુમાં અર્દ્ધવર્તુલમાં પ્રકાશ અને અર્દ્ધવર્તુલમાં અંધારૂં હોયછે, તેથી પૃથ્વીના ભ્રમણુને લીધે પ્રત્યેક ચોવીસ કલાકમાં દરેક સ્થળ પ્રકાશમાં અને પાછું અંધારામાં આવેછે.

૯૩. ધ્રુવ આગળ આકાશમાં કેવો દેખાવ નજરે પડેછે તેનું આટલું વર્ણન કર્યું. હવે વિષુવવૃત્ત આગળ કેવો દેખાવ દૃષ્ટિએ પડેછે તેની તપાસ કરીએ. એમ કરવાને ગંજીફાના પાનાના પૃષ્ઠને વિષુવવૃત્તપર ચોંટાડી ગોળાને ફેરવો. તમારા જોવામાં આવશે કે પાનું પૈડાની પેઠે ફરતું નથી,પરંતુ ઢબુને કોર ઉપર ફેરવીએ છીએ તે વારે તે જે રીતે ફરેછે તેને કાંઈક મળતી રીતે ફરેછે; અને ગોળાને અડધો આંટો ફેરવ્યાથી પાના-

ની કોરવતી દર્શાવેલી ક્ષિતિજની ઉપલી મેર કેવળ નવાજ તારા દૃષ્ટિએ પડેછે, ગોળાના ધ્રુવની સામેનાં આકાશ માંહેલાં બંને સ્થળ બરાબર ક્ષિતિજમાં આવશે, ઉત્તર ધ્રુવનો તારો બરાબર ક્ષિતિજના ઉત્તર ભાગમાં અને દક્ષિણ ધ્રુવનો તારો ક્ષિતિજના બરાબર દક્ષિણ ભાગમાં આવશે, અને જે તારા છેક પૂર્વમાં ઊગેછે તેઓ ગોળાને ફેરવીએ છીએ તેમ બરાબર ગંજીફાના પાના ઉપર થઈને છેક પશ્ચિમમાં આથમશે.

૯૪. એક છબીને સૂર્ય ધારશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે ગોળાને અડધો આંટો ફેરવતાં લગી સૂર્ય અથવા તેને દર્શાવનારી છબી પાનાની ક્ષિતિજની ઉપલી મેર હોયછે, અને બીજો અડધો આંટો ફેરવતાં લગી તેની નીચે હોયછે; અને પૃથ્વી પોતાની ધરી ઉપર ચોવીસ કલાકમાં એકવાર ફરેછે તેથી સૂર્ય બાર કલાક લગી ક્ષિતિજની ઉપલી મેર અને બાર કલાક લગી ક્ષિતિજની નીચે રહેશે; માટે વિષુવવૃત્તમાં રાત્રિ દિવસની લંબાઈ સદા સરખી હોયછે, અને ઋતુના ફેરફાર દર્શાવવાને ગોળાની ધરીને વાંકી કરવાથી રાત્રિ દિવસની લંબાઈમાં ફેર પડતો નથી, એવું તમારા જોવામાં આવશે.

૯૫. હવે પત્તાને ગોળા પરનાં બીજાં સ્થળોમાં મૂકી તમે તમારી મેળે પ્રયોગ કરી જુઓ. એ પાનાને પ્રથમ વિષુવવૃત્તથી ઉત્તર ધ્રુવ ભણી મૂકો અને ઉદયાસ્ત થતાં તારાની દેખાઈતી ગતિઓમાં હળવે હળવે ફેરફાર થાયછે તેની નિરીક્ષા કરો.

૯૬. વિષુવવૃત્ત પરથી અથવા તેની ઉત્તરેથી જોતાં તારાની ગતિઓ કેવી દેખાયછે તે વિષે આપણે ઉપર કહી ગયા; એજ રીતે દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં તારાની ગતિઓ કેવી નજરે પડેછે તે જોવાને ગોળાના વિષુવવૃત્તની દક્ષિણે જુદે જુદે સ્થળે પત્તું ચોંટાડી ગોળાને ફેરવો અને શું થાયછે તે જુઓ. આસ્ટ્રેલિઆમાંથી જોનારાનું સ્થળ દર્શાવવાને પ્રથમ વિષુવવૃત્તની અને દક્ષિણ ધ્રુવની વચ્ચો વચ્ચ પત્તું મૂકો; એટલે ઉત્તર ગો-

ળાર્દ્ધની પેઠે વિષુવવૃત્ત તેની દક્ષિણે ન હોતાં ઉત્તરે, અને ધ્રુવ ઉત્તરે ન હોતાં દક્ષિણે રહેશે, અને તે ઉત્તર ભણી દૃષ્ટિ કરશે તો ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાં તારાનો ઉદયાસ્ત દેખાય તેવોજ ઉદયાસ્ત તેની નજરે પડશે; પરંતુ તેનો જમણો હાથ પૂર્વ ભણી અને ડાબો હાથ પશ્ચિમ ભણી રહેશે તેથી તારા તેને જમણે હાથે ઊગી ડાબે હાથે આથમશે. ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાં જે દિશામાં તેઓ આકાશમાં ફરેછે તેની કેવળ ઉલટી દિશામાં ફરતા જણાશે. વળી જે તારા ઇંગ્લાંડમાં દક્ષિણ ક્ષિતિજની થડમાં દેખાયછે તે તેને ઉત્તર ક્ષિતિજની સમીપ દેખાશે, અને ઉત્તરના તારા બિલકુલ દેખાશે નહિ.

૯૭. દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં તારાની જે ગતિઓ દેખાયછે તે વધારે સ્પષ્ટ સમજાવવા માટે ગોળાના ઉપલા ધ્રુવને દક્ષિણ ધ્રુવ અને નીચલા ધ્રુવને ઉત્તર ધ્રુવ કહો અને ગોળાને પહેલાં જે દિશામાં ફેરવ્યો હતો તેની ઉલટી દિશામાં ફેરવો; કારણ કે પૃથ્વીને જે સ્થિતિમાંથી જોઈએ છીએ તે સ્થિતિ પ્રમાણે ઘડીઆળના કાંટાની પેઠે તે જુદી દિશામાં ફરતી જણાયછે; ઘડીઆળને આગલી મેરથી જોતાં તેના કાંટા એક દિશામાં ફરેછે અને તેને પારદર્શક ધારી પૂઠેથી જોતાં તેના કાંટા ઉલટી દિશામાં ફરેછે; એજ પ્રમાણે ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાંના નિરીક્ષા કરનારને વિષુવવૃત્ત ભણી દૃષ્ટિ કરતો ધાર્યો હતો તેવી રીતે દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાંથી વિષુવવૃત્ત ભણી જોનારાને ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાંથી જોતાં જે દિશામાં પૃથ્વી ફરતી જણાયછે તેની સામેની દિશામાં ફરતી ભાસેછે અને એ કારણથી દક્ષિણ ધ્રુવને ઉપલીમેર લાવીએ તો સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વીની પ્રદક્ષિણા સહિત તમામ ગતિઓને ઉલટી કરવી જોઈએ.

૯૮. એ રીતે કર્યા પછી ગોળાના વાસ્તવિક દક્ષિણ ધ્રુવને ઉપલે પાસે આણી અગાઉની પેઠે કાગળની ક્ષિતિજ વતી પ્રયોગ કરો.

૯૯. સંભવિત છે કે પૃથ્વીના ગોળાપર "લાકડાની ક્ષિતિજ" તમારા જોવામાં આવશે; હરકોઈ સ્થળની ક્ષિતિજ દર્શાવવાને પત્તાના પૃષ્ઠનો પરિધ ધાર્યો છે તેમ આ ક્ષિતિજ પૃથ્વીના મધ્યની દૃષ્ટિમર્યાદા દર્શાવેછે.

૨.—ચંદ્ર અને તેની ગતિઓ.

§ ૧.— ચંદ્ર તારાઓમાં ફરેછે.

૧૦૦. પૃથ્વી ચોવીસ કલાકમાં પોતાની ધરી ઉપર ભ્રમણ કરેછે અને સૂર્યની પ્રદક્ષિણા એક વર્ષમાં કરેછે એ બે ગતિઓ તથા પૃથ્વીના આકાર વિષે તમને હવે માહિતી થઈ.

૧૦૧. પૃથ્વીની આ બે વાસ્તવિક ગતિઓને લીધે સૂર્ય અને તારાઓની બે દેખાઈતી ગતિઓ, ૧. ઉદયાસ્તની દૈનિક ગતિ અને ૨. વાર્ષિક ગતિ, શી રીતે ઉત્પન્ન થાયછે તે પણ આપણા જાણવામાં આવ્યું. એ વાર્ષિક ગતિને લીધે (ઇંગ્લાંડમાં) દર મહીને સાયંકાળે તેને તેજ સમયે દક્ષિણમાં ભિન્ન ભિન્ન તારા દૃષ્ટિએ પડેછે અને એક વર્ષ વીત્યા કેડે એ મહાન્ પ્રસ્થાનનો ફ્રીને આરંભ થાયછે. પૃથ્વી કેવી છે તે ભૂતળ વિદ્યા પ્રવેશ પોથી વાંચવાથી તમારા જાણવામાં આવશે-તે શીતળ પદાર્થ છે અને તેની આસપાસ વાતાવરણ વીંટલાયલું છે તે સૂર્યના તાપને લીધે ગતિમાં રહેછે.

૧૦૨. ચંદ્ર લગભગ સૂર્યના જેવડો મોટો દેખાય છે, અને કોઈ કોઈ વાર પૃથ્વી પર તેનો પ્રકાશ ઘણો પડેછે, તેના વિષે મેં હજુ સૂધી કાંઈ કહ્યું નથી તેથી આ પુસ્તક વાંચનારામાંના કેટલાકને નવાઈ લાગશે.

૧૦૩. હવે હું ચંદ્ર વિષે કહુંછું. વાદળાં વગરની નિર્મળ સાંજે તેની ભણી જુઓ અને આજુબાજૂના તારાઓમાં તે જે સ્થળે હોય તે સ્થળ લક્ષમાં રાખો; તેની થડમાંના નાના તારા જોવા મુશ્કેલ છે, માટે તે કોઈ મોટા તારાની સમીપ હોય તે વારે નિહાળવું ઠીક પડશે. થોડાક કલાક પછી અથવા બીજે

દહાડે સાંજે તેની ભણી ફરીને નજર કરો; તારાઓમાં તે તેને તેજ સ્થળે ન હોતાં પૂર્વમાં ઘણો દૂર ગયેલો સહજ જોવામાં આવશે. તે રોજ રોજ પોણાથી એક કલાક મોડો ઊગતો દેખાશે. થોડા દિવસ લગી લાગલાગટ તેના ઊગવાનો વખત નોંધી રાખવાથી એ સહજ જાણવામાં આવેછે. ચંદ્રને (સુદ પડવે કે બીજે) સૂર્યાસ્તે પશ્ચિમમાં ઉગેલો તે સૂર્યની પાછળ રહી છેવટે પ્રાતઃકાળે સૂર્યોદય થયા પહેલાં થોડીવારે ઊગેછે. એ પછી ચંદ્રને પાછળ મૂકી સૂર્ય આગળ જતો દેખાય છે, અને થોડી સાંજ વીત્યા કેડે સૂર્ય આથમ્યા પછી થોડી વારે ચંદ્ર ફરીને પશ્ચિમમાં દેખા દેછે, ને નિત્ય સૂર્યથી પાછળ પડતો જાયછે. જેમ ઘડીઆળના કલાક કાંટાને પકડી પાડી મિનિટ કાંટો આગળ ચાલ્યો જાયછે તેમ અગાઉની પેઠે અઠ્ઠાવીસ દિવસે ચંદ્રને પકડી પાડી તથા પાછળ મૂકી સૂર્ય આગળ ચાલ્યો જાયછે.

૧૦૪. આપણે નિરીક્ષા તો કરી; એ નિરીક્ષાનો ખુલાસો શી રીતે આપી શકાય તેની તપાસ કરીએ. આપણે નારંગી અને દીવો ફરીને લેઈએ અને તે ઉપરાંત ચંદ્રને ઠામે નાનો ગોળો લેવો પડશે. હવે પૃથ્વીને બદલે લીધેલી નારંગીને સ્થિર રાખો અને જેવી રીતે સૂર્યની આસપાસ પૃથ્વી ફરેછે તેવી રીતે ચંદ્રને ઠામે લીધેલા નાના ગોળાને નારંગીની આસપાસ ગોળ ફેરવો.

૧૦૫. આ ગતિ પરથી આપણી નિરીક્ષાનું કારણ સમજાયછે કે નહિ તેની આપણે તપાસ કરીએ. પ્રથમ E બિંદુએ (ચિત્ર ૨૨) ચંદ્ર અને સૂર્યને એક લીટીમાં ધારો. એ સ્થળે હોવાથી ચંદ્ર સ્પષ્ટરીતે આકાશમાં સૂર્યની થડમાં દેખાશે તેથી જે વેળા સૂર્ય ઊગેછે અને આથમેછે તેજ વેળા તે ઊગતો અને આથમતો દેખાશે, અને પૃથ્વીના ગોળાને સોયાપર ફેરવ્યાથી એ બિના સહજ રીતે સ્પષ્ટ સમજાશે. પછી ચંદ્રને T બિંદુએ ખસેડો; થોડા દિવસ કેડે, ચંદ્ર એ સ્થળમાં આવેછે; હવે તમારા જોવામાં આવશે કે ચંદ્રના આથમવાના વખતની

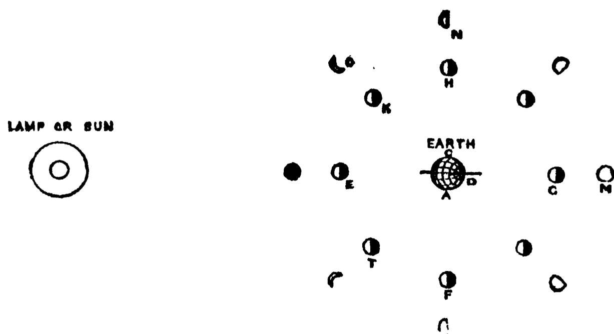
થોડીવાર પહેલાં સૂર્ય આથમશે, કારણ કે A સ્થળમાંથી જોનાર માણસને તરત સૂર્યાસ્ત થયેલો દેખાય છે, પરંતુ ચંદ્ર ક્ષિતિજની ઉપલી મેર દીસેછે. વળી ચંદ્રને F બિંદુએ ખસેડો, એટલે તમારા જોવામાં આવશે કે A સ્થળમાંથી જોનારાની દક્ષિણે ચંદ્ર હોયછે, અને એ વેળા સૂર્ય આથમી ગયેલો હોયછે તેથી ચંદ્ર આશરે છ કલાક સૂર્યની પાછળ હોયછે. એનાથી આગળ G બિંદુએ તેને ખસેડો એટલે જે વખતે સૂર્ય આથમેછે તેજ વખતે ચંદ્ર ઊગી મધરાતે દક્ષિણમાં હશે. જોનાર D સ્થળમાં છે એમ ધારીશું તો ચંદ્ર બાર કલાક સૂર્યની પાછળ રહેલો જણાશે. ચંદ્રને આગળ H બિંદુએ ખસેડશો તો A સ્થળમાંથી જોનારાને તરતજ સૂર્યાસ્ત થઈ ચંદ્ર ઊગેલો દેખાશે નહિ; તે અઢાર કલાક સૂર્યની પાછળ રહી D સ્થળમાંથી જોનારાને દેખાશે તેમ મધરાતે ઊગતો દેખાશે. C સ્થળમાંથી જોનારાને ચંદ્ર યામ્યોત્તર વૃત્તમાં આવતો અને સૂર્ય ઊગતો દેખાશે. એનાથી આગળ K બિંદુએ ચંદ્રને ખસેડશો એટલે તે લગભગ આખો ફેરો સૂર્યની પાછળ રહેલો જણાશે અને જે દિવસે ચંદ્ર અને સૂર્ય એકે સમયે ઊગ્યા તે દિવસથી ગણીએ તો ચંદ્ર સૂર્યની પછી આશરે એકવીસ કલાક મોડો ઊગશે (અથવા બીજી રીતે ગણીએ તો સૂર્યની પહેલાં ત્રણ કલાક વહેલો ઊગશે), અને બીજા બે ત્રણ દિવસમાં તેઓ બંને પાછા એકે વખતે ઊગશે. તો ઉપર જે કહ્યું તે પરથી સ્પષ્ટ છે કે પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્ર આશરે અઠ્ઠાવીસ દિવસમાં ફરેછે એવું ધારવાથી સૂર્યની પાછળ તે શા કારણથી રહેછે તે સમજવામાં આવશે. પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્ર ફરેછે એ આપણે જાણીએ છીએ.

§ २.—चंद्रनी कळा बदलायछे.

૧૦૬. ચાંદરણીઓમાં ચંદ્રની ગતિ કેવી છે તે વિષે આપણે પાછળ કહી ગયા, પરંતુ ચંદ્રમાં કાંઈક વિશેષ જોવામાં આવેછે. તે પૃથ્વીની આસપાસ ફરેછે તેવામાં તેના સ્વરૂપમાં

ફેરફાર થઈ થાળીની થોડી કોર જેવડા પરથી આખી થાળી જેવો ગોળ થાયછે. જ્યારથી આપણને સાંભરેછે ત્યારથી એ ફેરફારો વિષે આપણે સાંભળ્યું છે તેથી તે એટલા તો જાણીતા છે કે તેમના કારણની ખોળ ન કરતાં તે થવાજ જોઈએ એમ આપણે માનીએ છીએ. આપણે એવો પ્રશ્ન પૂછીએ કે " શું ચંદ્રનું સ્વરૂપ ખરેખરૂં બદલાયછે? " ના, તેનું સ્વરૂપ બદલાતું નથી, તે सदा तेनुं तेज होयछे, परंतु तेना प्रकाशित अर्द्ध पृष्ठमांनो काईक भाग मात्र कोइवार दृष्टिए पडेछे.

૧૦૭. હરકોઈ સાંજે ચંદ્રને નિહાળો; તમે પૂનેમનો ચંદ્ર નિહાળોછો એમ ધારો; એ વેળા તે સૂર્યના જેવો ગોળ દેખાયછે; આકાશમાં તે કયે ઠેકાણે હોયછે તે જોશો તો જણાશે કે પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય હોયછે તેની ઊલટી દિશામાં ચંદ્ર હોયછે, અને એ કારણથી તે સૂર્યાસ્તે ઊગેછે અને સૂર્યોદયે આથમેછે; તે વસ્તુત: G સ્થળે હોયછે (ચિત્ર ૨૨); હવે ચંદ્ર દર્શાવનારા ગોળાને નારંગીની જે દિશામાં સૂર્ય છે તેની ઊલટી દિશામાં G સ્થળે મૂકશો તો જેમ પૃથ્વીના બીજા પડખાપર દિવસ



ચિત્ર ૨૨ મું.—પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિ.

હોયછે તેવારે આપણા ભાગપર રાત હોયછે તેમ ગોળાનો જે અર્દ્ધભાગ ચિત્રમાં ધોળો દર્શાવ્યોછે તે સૂર્યના તેજથી પ્રકાશિત

થશે અને તેની સામેના બીજા અર્દ્ધ ભાગપર પ્રકાશ પડશે નહિ, અને નારંગીની થડમાં આંખ રાખશો તો તમામ પ્રકાશિત ભાગ તમારી દૃષ્ટિએ પડશે, કાળો ભાગ લગીરે દેખાશે નહિ; એ વેળા પૂર્ણ ચંદ્ર હોયછે અને એ દેખાવ ધોળા ગોળ M વડે દર્શાવ્યો છે. એ પરથી સ્પષ્ટ છે કે પૂનેમે ચંદ્ર પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય હોયછે તેની ઊલટી દિશામાં હોયછે તેથી તેનો આખો પ્રકાશિત ભાગ આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે.

૧૦૮. પૂનેમ પછી પાછળ કહ્યા પ્રમાણે ચંદ્ર સૂર્યાસ્ત થયા કેડે મોડો મોડો ઊગેછે, અને કૃષ્ણ પક્ષની સાતમ આઠમે તમે ચંદ્રને નિહાળોછો એમ ધારો. તે મધ્ય રાત્રિને શુમારે ઊગતો દેખાશે. તમે કહેશો કે એટલી વાર લગી ઊજાગરો કરવો પડે, પરંતુ જોશીઓનો દિવસ તે બીજા લોકોની રાત છે. હવે ચંદ્ર ગોળ દેખાતો નથી, તેનો અર્દ્ધભાગ માત્ર દૃષ્ટિએ પડેછે. ચિત્રમાં જુઓ; મધરાતે ચંદ્ર ઊગે તો તે કઈ સ્થિતિમાં હોય? D સ્થળમાંથી જોનારાને મધરાત હોયછે અને ચંદ્ર H બિંદુએ ઊગવો જોઈએ. માટે ગોળાને H બિંદુએ મૂકો અને આંખ D બિંદુએ રાખો; હવે ચિત્રમાં જે ભાગ ધોળો બતલાવ્યો છે તે સૂર્યના પ્રકાશથી પ્રકાશિત થયેલો અર્દ્ધભાગ છે; પરંતુ એ સ્થિતિમાં સકળ પ્રકાશિત ભાગ દેખાતો નથી, પરંતુ પ્રકાશિત ભાગનો અર્દ્ધ અને નિસ્તેજ ભાગનો અર્દ્ધ ભાગ માત્ર દેખાયછે; એ કારણથી અર્દ્ધ ચંદ્ર N દેખાવો જોઈએ અને વસ્તુતઃ એમજ દેખાયછે.

૧૦૯. આપણે આંપણી નિરીક્ષા જારી રાખીએ. મધરાત કેડે જગાય નહિ તો સૂર્યોદય થતા પહેલાં ઊઠીને જોશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે ચંદ્ર જેમ જેમ સૂર્યની થડમાં આવતો જાયછે તેમ તેમ તે નાનો થઈ તેની કોર માત્ર દેખાયછે, અને K બિંદુએ આવેછે તેવારે O આગળ છે તેના જેવો દેખાયછે, અને છેવટે સૂર્યના તેજમાં ગૂમ થઈ E સ્થળે આવેછે.

હવે એ કેવો દેખાવો જોઈએ? આંખ અને દીવાની વચ્ચે ગોળો મૂકો એટલે સકળ કાળો અર્દ્ધ ભાગ દૃષ્ટિએ પડશે, પ્રકાશિત ભાગ બિલકુલ દેખાશે નહિ. એ અમાવાસ્યાનો (અમાસનો) ચંદ્ર છે; થોડા દિવસ પછી જોશો તો સૂર્યાસ્ત કેડે તરતજ તે દૃષ્ટિએ પડશે. તેની પાતળી કોર દેખાશે અને ચિત્રમાં T સ્થળે તે હશે. ગોળાને એ સ્થળમાં મૂકી નારંગીની થડમાં આંખ રાખીને જોશો તો પ્રકાશિત અર્દ્ધ ભાગની કોર અને નિસ્તેજ અર્દ્ધ ભાગનો વધારે ભાગ દૃષ્ટિએ પડશે.

૧૧૦. ચંદ્ર જેમ જેમ સૂર્યથી દૂર જતો અને મોડો મોડો આથમતો દેખાયછે તેમ તેમ તેના પ્રકાશિત અર્દ્ધનો વધારે વધારે ભાગ દૃષ્ટિએ પડી F સ્થળમાં ફરીને અર્દ્ધ ચંદ્ર દેખાયછે. એ હવે સૂર્યાસ્તે દક્ષિણમાં હોયછે. એ સ્થિતિમાં ગોળો મૂકી નારંગીની થડમાં આંખ રાખીને જોશો તો એ રીતે દેખાવાનું કારણ તમારા સમજવામાં સહજ આવશે. સાત દિવસ કેડે ચંદ્ર ફરીને પૂર્ણ અને સૂર્યની સામી દિશામાં હોયછે.

૧૧૧. ઓરડામાં એકજ દીવો રાખી તેનાથી થોડે છેટે ઊભા રહીને નારંગીને અથવા ગોળાને તમારા માથાની આસપાસ ફેરવ્યાથી આ તમામ દેખાવ તમારા સમજવામાં સ્પષ્ટ આવશે અને ચંદ્રની કળા આબેહુબ સમજાશે. ए कारणथी जेम सूर्यनी आसपास पृथ्वी फरेछे तेम चंद्र पृथ्वीनी आसपास भ्रमण करेछे अने एक पूर्णिमाथी बीजी पूर्णिमा लगी तेनी कळामां वधघट थवाने आशरे साडीओगणत्रीस दिवस लागेछे.

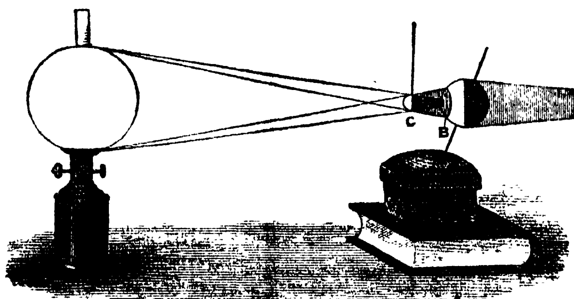
§ ३.—चंद्रथी ग्रहणो शी रीते थायछे ते विषे.

૧૧૨. આપણે ઉપર જે કહી ગયા તે પરથી તમે કદાચ એમ ધારશો કે ચંદ્ર દર મહિને સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઈને જવો જોઈએ અને તેને લીધે સૂર્ય અદૃશ્ય થઈ સૂર્યનો खग्रास એટલે પૂર્ણ ગ્રહણ થવું જોઈએ. પરંતુ તેમ ન થવાનાં કેટલાંક કારણો

છે તે વિષે હમણા કહીશ. એ કારણોને લીધે ચંદ્ર કોઈ વાર સૂર્યની જરાક ઉપલી મેર અને કોઈવાર જરાક નીચે થઈને જાયછે; એ વેળા ગ્રહણ થતું નથી; અથવા સૂર્યના માત્ર થોડાક ભાગપર થઈને જાયછે તેથી સૂર્યના બિંબનો થોડોક ભાગ અદૃશ્ય થઈ અલ્પગ્રાસ એટલે ખંડિત ગ્રહણ થાયછે.

૧૧૩. નારંગી અને ગોળા વડે આ બાબત સ્પષ્ટ સમજાયછે કે નહિ તે આપણે જોઈએ.

૧૧૪. દીવો મેજપર મૂકો અને નારંગીમાં સોયો ઘાલીને તે સોયાને મોટા ગદેલામાં ઘોંચી તેને દીવાથી થોડે અંતરે મૂકો; પછી ચંદ્રને ઠામે નાનો ગોળો લેઈ તેને દોરી બાંધીને એવી રીતે લટકતો રાખો કે તેનાપર આંગળીઓનો ઓળો પડયા વગર પૃથ્વીની આસપાસ તેને ફેરવી શકાય (ચિત્ર ૨૩). હવે ચંદ્રને સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે લાવી પૃથ્વીની થડમાં C બિંદુએ તેને રાખો (ચિત્ર ૨૩); એટલે ચંદ્રની છાયા પૃથ્વીપર પડેછે;



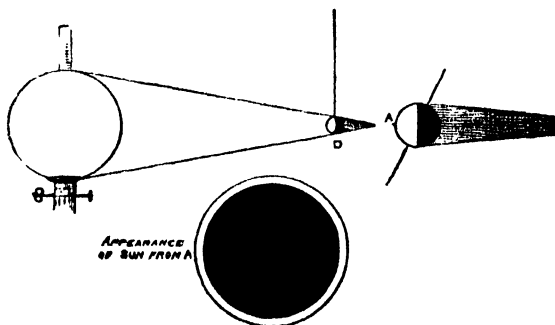
ચિત્ર ૨૩ મું.—સૂર્યનો ખગ્રાસ.

પૃથ્વીના જે ભાગપર એ છાયા પડશે તે ભાગના લોકોને સૂર્ય દેખાશે નહિ અને તે ઠેકાણે સૂર્યનો खग्रास જણાશે. પૃથ્વીનાં બીજાં સ્થળોમાં, જેમ કે B સ્થળમાં, સમગ્ર સૂર્યને ચંદ્ર ઢાંકી દેશે નહિ. છાંયાનો છેક કાળો ભાગ તે ઠેકાણે પહોચતો નથી. તેથી એ સ્થળે સૂર્યનું ખંડિત ગ્રહણ માત્ર દેખાશે, અને એ

ભાગથી જેમ જેમ દૂર જઈશું તેમ તેમ વધારે વધારે સૂર્ય દેખાશે. એ કારણુથી પૂર્ણ છાયાની આસપાસ બીજા પ્રકારની અર્દ્ધ છાયા પડેછે તેને अपूर्ण छाया કે उपछाया કહેછે, અને એ અપૂર્ણ છાયા માંહેલાં સ્થળોમાં ખંડિત ગ્રહણ માત્ર દેખાશે.

૧૧૫. હવે ચંદ્રને પૃથ્વીથી દૂર D બિંદુએ ખસેડો (ચિત્ર ૨૪). તમારા જોવામાં આવશે કે ચંદ્રની છાયા પૃથ્વીપર પહોચતી નથી તેથી સૂર્યનો ખગ્રાસ થતો નથી. ચંદ્ર એટલે બધે અંતરે છે કે સૂર્ય પૂરેપૂરો ઢંકાઈ જાય એટલું ચંદ્રનું બિંબ મોટું નથી તેથી સૂર્યની બહારની કોર દૃષ્ટિએ પડેછે. આ પ્રકારના ગ્રહણને कंकणाकार કહેછે.

૧૧૬. નારંગી ખસેડી લેઈ તેને ઠેકાણે આંખ રાખશો તો આ બિના સ્પષ્ટ સમજાશે. જે ઠેકાણે છાયા હતી (ચિત્ર ૨૪)

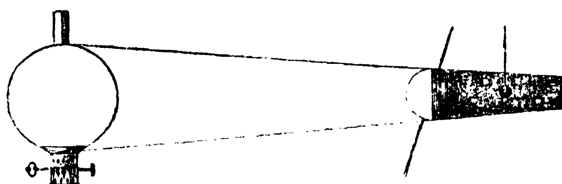


ચિત્ર ૨૪ મું.—સૂર્યનું કંકણાકાર ગ્રહણ.

ત્યાં એટલે ચંદ્રની છાયામાં પ્રથમ તમારી આંખ રાખો, એટલે ખગ્રાસ દેખાશે. પછી ચંદ્રનું સ્થળ ન બદલતાં આંખને જરાક નીચે રાખશો તો સૂર્યની કોર દૃષ્ટિએ પડશે, અર્થાત્ ખંડિત ગ્રહણ થશે, અને તમારી આંખને તેનાથી જેમ દૂર રાખશો તેમ સૂર્યનો વધારે ભાગ તમારા જોવામાં આવશે. હવે આંખને *A* સ્થળે રાખી ખગ્રાસ જુઓ. ચંદ્રને ધીમે ધીમે તમારાથી

દૂર ખસેડશો તો ચંદ્ર નાનો થતો દેખાશે તેથી D સ્થળે (ચિત્ર ૨૪) ચંદ્રના બિંબથી સૂર્યનું આખું બિંબ ઢંકાઈ જતું નથી. ચંદ્રની આસપાસ સૂર્યની પ્રકાશિત કોર દેખાયછે; અર્થાત્ कंकणाकार ग्रहण થાયછે.

૧૧૭. સૂર્યગ્રહણ થાયછે તેમ चंद्रग्रहण પણ થાયછે. પૃથ્વીની છાયામાં ચંદ્ર આવેછે તેવારે ચંદ્રગ્રહણ થાયછે. ચંદ્રગ્રહણ શી રીતે થાયછે તે નારંગી અને દીવાને અગાઉની પેઠે મૂક્યાથી સહજ સમજાશે; ચંદ્રને ઠામે લીધેલા ગોળાને પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય છે તેની ઉલટી દિશામાં લેઈ જવાથી તેનાપર પૃથ્વીની છાયા પડશે અને તે કાળો થશે. આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે અપારદર્શક પદાર્થ (ચંદ્ર) આવ્યાથી સૂર્યગ્રહણ થાયછે તેમ આપણી અને ચંદ્રની વચ્ચે કાંઈ



ચિત્ર ૨૫ મું.—ચંદ્રગ્રહણ.

પદાર્થ આવ્યાથી ચંદ્રગ્રહણ થતું નથી, પરંતુ તેનાપર પૃથ્વીની છાયા પડેછે તેને લીધે ચંદ્રગ્રહણ થાયછે (ચિત્ર ૨૫).

૧૧૮. સૂર્યના ખગ્રાસ વખતે ચંદ્રમાંથી જોનારાને પૃથ્વીપર કાળો ડાઘો પડેલો હોઈ તે તે પર થઈને ઉતાવળે જતો દેખાશે; અને તે ડાઘાની આસપાસ અર્દ્ધ છાયાવાલું વર્તુલ એટલે અપૂર્ણ છાયા દેખાશે; એ અપૂર્ણ છાયામાં પૃથ્વી પરથી સૂર્યનું ખંડિત ગ્રહણ દેખાશે; પરંતુ ચંદ્રનો ખગ્રાસ થાયછે તે વારે પૃથ્વીની છાયાથી ચંદ્ર પૂરેપૂરો ઢંકાઈ જાયછે.

૧૧૯. હવે તમારા લક્ષમાં આવ્યું હશે કે सूर्यग्रहण અमासे मात्र थई शके અને ચंद्रग्रहण पनमे मात्र थई शके. એનું

કારણ એ છે કે જ્યારે આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે ચંદ્ર હોયછે એટલે જ્યારે સૂર્યગ્રહણ થઈ શકે ત્યારે ચંદ્રની કાળી બાજૂ આપણી ભણી હોવી જોઈએ; અને જે વેળા ચંદ્ર બીજી બાજૂએ પૃથ્વીની જે દિશામાં સૂર્ય હોયછે તેની સામેની દિશામાં હોયછે, એટલે જ્યારે ચંદ્રગ્રહણ થઈ શકે ત્યારે તેની પ્રકાશિત બાજૂ આપણી ભણી હોવી જોઈએ.

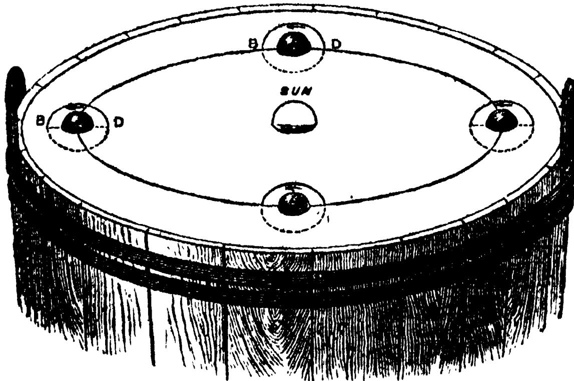
૧૨૦. આપણે ૧૧૨ મી કલમમાં કહ્યું છે કે ચંદ્ર કોઈવાર પૃથ્વી અને સૂર્યને જોડનારી લીટીની ઉપલી મેર અને કોઈવાર નીચલી મેર જાયછે અને એ રીતે ચંદ્ર ન જતો હોત તો દર મહિને એક સૂર્યગ્રહણ અને એક ચંદ્રગ્રહણ થાત.

૧૨૧. ચંદ્ર કોઈ વાર સૂર્યની ઉપલી મેર અને કોઈ વાર નીચલી મેર જાયછે અને તેથી દર મહિને ગ્રહણ થતાં નથી એ શી રીતે સિદ્ધ કરી શકાય તેની તપાસ કરીએ. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ (તેને મધ્યમાં રાખી) લગભગ વર્ત્તુલમાં ફરેછે એવું આપણે ઉપર કહી ગયા. એ વર્ત્તુલને તેની કક્ષા અથવા માર્ગ કહેછે. આ કક્ષાને ઠામે તારનો કડકો લેઈ તેને નારંગીની આસપાસ ગોળ વીંટાળો, અને ચંદ્રને બદલે મોટો મણકો અથવા નાનો ગોળો તેનાપર બાંધો. પૃથ્વી (નારંગી) મધ્યમાં રહે એવી રીતે તારની કડીને ઝાલીને ચંદ્રને તાર ઉપર તેની આસપાસ ફેરવ્યાથી જણાશે કે એ કડીને ક્ષિતિજસમસૂત્ર રાખી હશે તો પ્રત્યેક ફેરે પૃથ્વી અને દીવાવતી દર્શાવેલા સૂર્યની વચ્ચે થઈને ચંદ્ર જશે. પરંતુ વાસ્તવિક ચંદ્ર એ સ્થિતિમાં આવતો નથી; મણકો ઉપલી મેર અથવા નીચલી મેર જાય તેટલા સારૂ કડીનો જે ભાગ દીવાની અને નારંગીની વચ્ચે હોયછે તેને ઊંચો અથવા નીચો કરવો જોઈએ.

૧૨૨. આ બિના વધારે સ્પષ્ટ સમજાય તેટલા સારૂ પાણીનું પીપ લઈ તેને મધ્ય ભાગે સૂર્યને ઠામે એક ગોળો અડધો પાણીમાં અને અડધો પાણીની ઉપર તરતો મૂકો. બીજો નાનો ગોળો લેઈ પૃથ્વીને બદલે પીપની કોર આગળ તરતો

મૂકો. એટલે પૃથ્વીની વાર્ષિક ગતિનો માર્ગ દર્શાવવાને સૂર્યના આસપાસ તેને તરાવી શકાય. આ ઠેકાણે એની કક્ષા પાણીની સપાટીપર છે તેથી એ સપાટી ૬૭ મી કલમમાં કહ્યા પ્રમાણે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી છે.

૧૨૩. પરંતુ ચંદ્રની કક્ષા એ સપાટીને ઢળતી છે તેથી કેટલીક વાર ગ્રહણ થતાં નથી; અને અગાઉની પેઠે ચંદ્રની કક્ષા દર્શાવવાને તારની કડી લેઇ ૨૬ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે અડધી કડી પાણીમાં અને અડધી કડી પાણીની ઉપર રહે એવી રીતે તેને પૃથ્વીને ફરતી રાખીએ તો ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિ-



ચિત્ર ૨૬ મું.—ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે તે આ ચિત્ર પરથી જણાયછે.

વૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે તે બતાવી શકાય. એ ચિત્રમાં કડીનો જે ભાગ પાણીની ઉપર છે તે આખી લીટી વડે દર્શાવ્યોછે અને જે ભાગ પાણીની અંદર છે તે ટપકાં ટપકાંવાળી લીટી વડે બતાવ્યોછે. જે બિંદુઓમાં એ સપાટીને કક્ષા છેદેછે તે બિંદુઓને જોડનારી લીટીને **સંપાત રેખા** કહેછે અને B અને D બિંદુઓને **સંપાત બિંદુઓ** એટલે **રાહુ** અને **કેતુ** કહેછે.

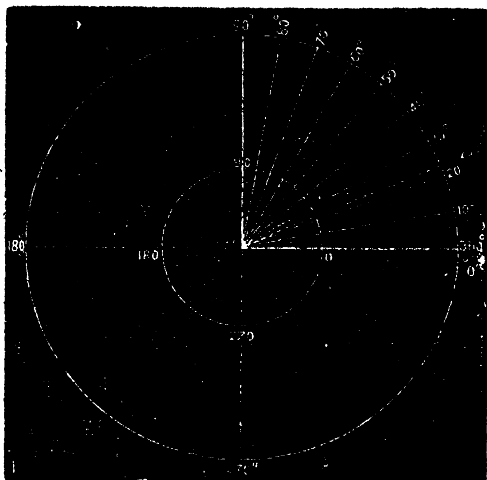
૧૨૪. આ પરથી સ્પષ્ટ સમજાશે કે ચંદ્રની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે એવું ધારીએ તો ચંદ્ર પોતાની કક્ષામાં સં-

પાત બિંદુની થડમાં સૂર્ય અને પૃથ્વીની જોડે એક લીટીમાં આવે ત્યારેજ માત્ર ગ્રહણ થઈ શકે, કારણ કે એજ વેળા તે પોતાના ભ્રમણમાં સૂર્યની અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઈને જાયછે. કક્ષાના બીજા ભાગમાં ચંદ્ર હોય તેવારે ગ્રહણ થઈ શકે નહિ, કારણ કે કડી પરનો મણકો ગ્રહણ વખતેજ પાણીની ઉપર અથવા પાણીની અંદર હશે, સૂર્ય અને પૃથ્વીની જોડે એક લીટીમાં તેની સપાટીપર હશે નહિ. પ્રતિમાસે ગ્રહણ થતાં નથી તેથી આપણે જાણીએ છીએ કે ચંદ્રની કક્ષાને ઢળતી માનીછે તે પ્રમાણે તે ઢળતી છે.

૧૨૫. પોતાની ધરીપર પૃથ્વીના ભ્રમણની સપાટી ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને ઢળતી છે એવું આપણે પાછળ કહી ગયા છીએ અને હમણા આપણા જાણવામાં આવેછે કે પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિની સપાટી એજ સપાટીને ઢળતી છે. હવે એ દરેક સપાટી ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી જોડે કેટલા અંશનો ખુણો કરેછે તે શોધી કહાડીએ.

૧૨૬. એ ખોળી કહાડવાને ખગોળવેત્તાઓ નાનાં મોટાં તમામ વર્તુલોના ૩૬૦ અંશ (એ આ રીતે લખાયછે, ૩૬૦°) માં વિભાગ કરેછે (ચિત્ર ૨૭), અને વર્તુલના મધ્ય બિંદુમાંથી પરિઘ લગી બે લીટી દોરીએ તો જે બિંદુઓમાં તે લીટી પરિઘને છેદેછે તે બિંદુઓની વચ્ચે જેટલા અંશ આવશે તેટલા અંશનો ખૂણો મધ્ય બિંદુમાંથી દોરેલી બે લીટીથી થશે. હવે ૩૬૦ એ ૯૦ ના ચાર ગણા છે તેથી વર્તુલનો ચોથો ભાગ ઘેરનારી બે લીટી ૯૦ નો ખૂણો કરેછે. વર્તુલ નાનું મોટું હોવાથી અંશમાં કાંઈ ફેર પડતો નથી, કારણ કે એકની અંદર એક એમ ઘણાં વર્તુલો દોરી તે સર્વેનું મધ્ય બિંદુ એકજ રાખશો અને બહારના ગોળનો પા ભાગ અથવા ૯૦° વચ્ચમાં આવે એવી બે લીટી મધ્ય બિંદુમાંથી દોરશો તો બાકીના દરેક વર્તુલનો ચોથો ભાગ પણ તે લીટીની વચ્ચમાં આવશે.

પ્રત્યેક ૯૦ અંશના ખૂણાને કાટખૂણો કહેછે અને જે બે લીટી વડે ૯૦ᵒ નો ખૂણો થાયછે તેઓ એક એકને લંબ કહેવાયછે.



ચિત્ર ૨૭ મું.—અંશમાં વર્તુલના ભાગ.

આના જેવા પૂર્ણ વર્તુલમાં ૧ અંશના ૩૬૦ ખૂણા, ૯૦ અંશના ૪, ૪૫ અંશના ૮, ઇત્યાદિ ખૂણા હોયછે.

૧૨૭. ખગોળવેત્તા આવો વર્તુલ ધારી તેનું મધ્ય બિંદુ પૃથ્વીના મધ્ય બિંદુએ કલ્પેછે, અને તેમ કરવાથી ૧૨૫ મી કલમમાં જે સપાટીઓ વિષે આપણે કહી ગયા છીએ તેનાથી થયેલા ખૂણા નિરીક્ષા વડે નક્કી કરી શકેછે. એ રીતે તેમણે સિદ્ધ કર્યુંછે કે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી અને પૃથ્વીની દૈનિક ગતિની સપાટીની વચ્ચેનો ખૂણો ૨૩° અથવા લગભગ તેટલો છે, અને ક્રાંતિવૃત્તની સપાટી તથા પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિની સપાટી વચ્ચેનો ખૂણો ૫° થી કાંઈક વધારે છે.

§ ૪.—चंद्र कोना जेवो छे.

૧૨૮. પૃથ્વીના સ્વરૂપનું જ્ઞાન ભૂતળ વિદ્યામાં છે એ હું કહી ગયેાછું. ચંદ્ર પૃથ્વીની બહુ પાસે છે; તે માત્ર અઢી લાખ મૈલને અંતરે હોવાથી તેના પૃષ્ઠ વિષે આપણે ઘણું જાણી શકીએ છીએ.

૧૨૯. ચંદ્રને નરી આંખે જોવાથી તેનું પૃષ્ઠ એકસરખું દેખાતું નથી. કેટલાક ભાગ બીજા કરતાં વધારે કાળા દીસેછે; એ કાળા ભાગને અસલના લોકો સાગર ધારતા હતા; તેઓ કોરી જમીન છે એમ હમણા જાણવામાં આવ્યું છે, તથાપિ સમુદ્રોનાં નામ હજુ ચાલેછે. જેમ પૃથ્વીનો નકશો હોયછે તેમ ચંદ્રનો પણ નકશો હોયછે તેમાં શાંતિ-સમુદ્ર, વાઝોડું-સમુદ્ર, ઈત્યાદિ નામ જોવામાં આવશે. તમે દૂરબીનમાંથી જોશો—નાનું દૂરબીન હશે તો ચાલશે—તો તેના પૃષ્ઠપર બધે ઠેકાણે પર્વત, ડુંગર, અને ખીણ દેખાશે, પરંતુ આપણા પર્વતોની ખીણોની પેઠે તેપર વનસ્પતિ ઊગેલી દેખાશે નહિ. તેઓ સૂકા અને ઊજડ દેખાશે. ત્યાં સરોવરો કે નદીઓ નથી અને અદ્યાપિ જાણવામાં આવ્યું છે તે પ્રમાણે ત્યાં બિલકુલ પાણી નથી અને તે કારણથી તેના પૃષ્ઠને સૂર્યના તાપથી છાંયડો આપવાને વાદળાં નથી; અને તે ઉપરાંત ત્યાં વાતાવરણ પણ નથી, તેથી સંભવેછે કે ચંદ્ર ઉપર પ્રાણીની વસ્તી નથી. તેના લગભગ તમામ પૃષ્ઠપર બંધપડેલા અડાબીડ જ્વાલામુખી પર્વતો છે. પૃથ્વીપરના જ્વાલામુખીઓના જેવા તેઓ નથી.

૧૩૦. ચંદ્રને લગતી આ હકીકતપરથી તમારા જોવામાં આવશે કે આપણે જે ગ્રહઉપર વશીએ છીએ તેની અને આકાશના બીજા ગ્રહોની સ્થિતિ સરખીજ હોય તેમ નથી. જે જગત્ પર પાણી નથી અને તે કારણથી આઈસ, વાદળાં, વરસાદ અને બરફ નથી; નદી અને વ્હેળા નથી; અને તેથી પ્રાણીના પોષણને માટે વનસ્પતિ નથી; જ્યાં પ્રાતઃકાળે અને સં-

ધ્યંકાળે ઝળઝળું થતું નથી અથવા સૂર્યના અતિ ઉગ્ર પ્રકાશ અને રાત્રિના અતિગાઢ અંધકારની વચ્ચે ઓછા વધતાનું સાંધણુ નથી; જ્યાં અવાજ કે નાદ નથી; હવા અવાજની વાહક છે તેથી હવા વગરના ચંદ્રપરનો ઊંચામાં ઊંચો પર્વત ભૂકંપથી ફાટે તોએ અવાજ સંભળાય નહિ; એવો ગ્રહ ચંદ્ર છે.

૧૩૧. વળી તમારા જાણવામાં આવશે કે પૃથ્વી અને ચંદ્ર એક બાબતમાં સમાન છે તે એ કે તેને પોતાનો પ્રકાશ નથી. ચંદ્રના જે ભાગપર સૂર્યનો પ્રકાશ પડેછે તે આપણને દેખાયછે અને જે ભાગપર તડકો પડતો નથી તે દેખાતો નથી. એ કારણથી ચંદ્ર ઉપર પડેલો તડકો પરાવર્તન પામી પૃથ્વીઉપર આવેછે તે ચાંદરણું કે ચાંદની છે, અને તેને પંડનો પ્રકાશ નથી.

૧૩૨. ચંદ્રનો વ્યાસ (કલમ ૨૨) આશરે ૨૦૦૦ મૈલ છે અને ચંદ્રના જેવડોજ પૃથ્વીનો ભાગ નિરાળો કરી બંનેનું વજન કરીએ તો ચંદ્ર હલકો થાય. અર્થાત્ પૃથ્વીનું ઘટત્વ ૧ છે અને ચંદ્રનું ઘટત્વ $\frac{3}{5}$ છે.

૧૩૩. આ બાબતનો વધારે ખુલાસો આપવો જોઈએ. તમને ખબર છે કે કેટલાક પદાર્થ બહુ ઘટ્ટ અને ભારે અને કેટલાક હલકા હોયછે; ઉદાહરણ, સીસું ઘણું ભારે અને ઘટ્ટ હોયછે, અને બૂચ બહુ હલકો હોયછે. ઇંચ, ચોરસ ઇંચ, અને ઘન ઇંચ એટલે શું તે તો તમે જાણોછો. સીસાનો એક ઘન ઇંચ અને બૂચનો એક ઘન ઇંચ કડકો લેઈ બંને કડકાનું વજન કરશો તો બૂચના કડકાથી સીસાનો કડકો ભારે થશે. બૂચના કડકાનું ઘટત્વ અથવા વજન ૧ લેશો તો સીસાના કડકાનું ઘટત્વ અથવા વજન તેનાથી વધારે થશે. અને ઘન ઇંચને બદલે ઘનવાર અથવા ઘન મૈલ લેશો તો સીસાનું વજન બૂચના કરતાં તેટલાજ ગણું વધારે થશે.

૧૩૪. ખગોળવેત્તાઓએ પૃથ્વી અને ચંદ્રનું વજન શોધી કહાડયું છે અને પ્રત્યેકમાં કેટલા ઘન મૈલ (અથવા ઘન ઇંચ) છે તેની પણ તેમને ખબરછે. એ કારણથી જે પદાર્થની પૃથ્વી

બનેલી છે તેના એક ઘનઇંચ અથવા ઘન મૈલનું વજન જે પદાર્થનો ચંદ્ર બનેલો છે તેના એક ઘનઇંચ અથવા ઘન મૈલના વજન કરતાં ઓછું છે કે વધારે છે, અર્થાત્ ચંદ્ર કરતાં પૃથ્વી વધારે કે ઓછી ઘટ્ટ છે તે તેઓ સહજ જાણી શકેછે. પૃથ્વીના એક ઘનઇંચનું વજન ચંદ્રના એક ઘન ઇંચ કરતાં દોઢ ગણું વધારે છે એવું તેમણે શોધી કહાડયું છે તેથી તેઓ કહેછે કે પૃથ્વીના ઘટત્વથી ચંદ્રનું ઘટત્વ માત્ર ⅔ છે.

૧૩૫. સાધારણ રીતે એક ઘન ઇંચ પાણીનું ઘટત્વ અથવા વજન એક લેછે તેથી પાણીના ઘટત્વથી પૃથ્વીનું ઘટત્વ ૫⅔ ગણું અને ચંદ્રનું ઘટત્વ ૩⅔ ગણું થાયછે. એ પ્રમાણે પ્રત્યેક આકાશી પદાર્થનો

(અ) વિસ્તાર તેના વ્યાસપરથી અમુક ઘન મૈલ અથવા ઘન ઇંચમાં શોધી કહાડેછે.

(બ) તેનું वजन अथवा गुरुत्व એટલે તે કેટલા મણ છે તે બીજા પદાર્થોને આકર્ષણ કરવાની તેની શકિત પરથી શોધી કહાડેછે.

(ક) તેનું ઘટત્વ એટલે એક ઘનઇંચ અથવા ઘન મૈલનું વજન તેના ગુરૂત્વને તેના વિસ્તાર વતી ભાગવાથી નીકળેછે.

૧૩૬. ચંદ્રની તેનીતેજ બાજૂ નિરંતર આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે, કારણ કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ફરેછે તેમ તે પોતાની કક્ષા ઉપર હળવે હળવે ફરેછે અને જેટલા વખતમાં પૃથ્વીની આસ-પાસ ફરેછે તેટલાજ વખતમાં તે એક ફેરો ફરેછે. ભોંયમાં લાકડી દાટી તેને હાથે વતી ઝાલીને તમારૂં મોં સદા તેની ભણી રહે એવી રીતે તમે તેની આસપાસ ફરો તો તમે જે પ્રમાણે ફરો તેજ પ્રમાણે ચંદ્ર ફરેછે. પછી આસપાસના પદાર્થોને નિહા-ળવાથી જણાશે કે તમે લાકડીની આસપાસ એક ફેરો ફરોછો તેવારે એક પ્રદક્ષિણા થાયછે અને તમને બહુધા ફેર ચઢવાથી તમારી પ્રદક્ષિણાનો નિશ્ચયાત્મક પુરાવો મળેછે.

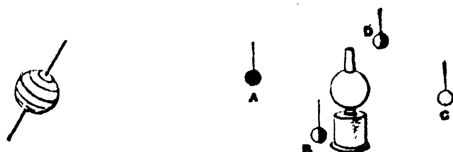
૧૩૭ આ બિનાપરથી સિદ્ધ થાયછે કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ એક પ્રદક્ષિણા કરેછે તેટલા વખતમાં તે પોતાની કક્ષા ઉપર માત્ર એકવાર ફરેછે, અને ચાંદ્ર દિવસો આપણા શુમારે ઓગણત્રીસ છે. આપણને શુમારે બાર કલાક એટલે ચોવીસના અડધા કલાક લગી સૂર્ય પ્રકાશ મળેછે; ચંદ્રના પ્રત્યેક ભાગપર લગભગ ચૌદ દિવસ એટલે ઓગણત્રીસના અડધા દિવસ લગી સૂર્યનો પ્રકાશ પડેછે, તેથી ચાંદ્ર દિવસમાં તેના પૃષ્ઠપર કેટલો સખ્ત તાપ અને ચૌદ દિવસની રાત્રિમાં તેની સામેની બાજૂપર કેટલી સખ્ત ટાઢ પડવી જોઈએ તેની તમે કલ્પના કરી શકશો.

२.—सूर्यमाळा.

§ १.—सूर्यनी थडमांना पृथ्वीना जेवा पदार्थ आपणने केवा देखाय.

૧૩૮. અત્યાર લગી આપણે જે પૃથ્વીપર વશીએ છીએ તેનું, મહાન્ સૂર્ય અને ચંદ્રનું, અને નાની ચાંદરણીઓનું માત્ર વર્ણન કર્યું.

૧૩૯. આપણી પૃથ્વીના જેવી બીજી પૃથ્વીઓ એટલે ગ્રહો આકાશમાં હોઈ તેમને પોતાનો પ્રકાશ નહોય અને તેઓ પૃથ્વીની પેઠે સૂર્યની આસપાસ ફરે તો કેવો દેખાવ નજરે પડે તેની તપાસ કરીએ. તેઓ આપણને કેવા દેખાય? સૂર્યથી પૃથ્વી જેટલે અંતરે છે તેનાથી ઓછે અંતરે તેની આસપાસ ફરતો હોય એવો ગ્રહ પ્રથમ આપણે લઈએ. એ વિષે આપણે વિચાર કરીએ. સૂર્યને બદલે દીવો, પૃથ્વીને ઠામે નારંગી, અને ચંદ્રને ઠામે લીધેલો ગોળો બીજા ગ્રહને બદલે લો; હવે એ નવો ગ્રહ સૂર્યની આસપાસ ફરતાં કેવો દેખાય તે બતાવવાને ગોળાને દીવાની આસપાસ ફેરવો અને નારંગી પરથી જોતાં જુદાં જુદાં સ્થળમાં તે કેવો દેખાયછે તે જુઓ.



ચિત્ર ૨૮ મું.—પૃથ્વી અને સૂર્યની વચ્ચે રહેલા પદાર્થની ગતિ અને દેખાવ બતાવનારૂં ચિત્ર.

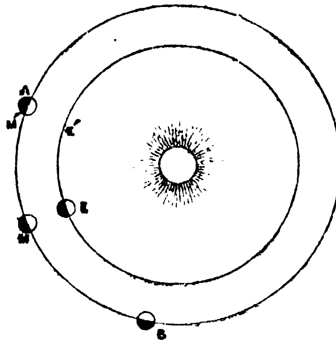
પ્રથમ એને દીવાની અને નારંગીની વચ્ચે A સ્થળે, ચિત્ર ૨૮, મૂકો, એટલે તે સૂર્યની જોડે એક લીટીમાં દેખાઈ આકાશમાં તેની જોડે ફરશે; એ વેળા સૂર્યના ઉગ્ર તેજને લીધે તે દેખાશે નહિ, પરંતુ સૂર્યની જોડે ઊગી તેની જોડે આથમશે; હવે તેને B સ્થળે ખસેડો, એટલે તે સૂર્યની જમણે પડખે દેખાશે અને સૂર્યોદય પહેલાં ઊગી સૂર્યાસ્ત પહેલાં આથમશે; તેથી તે સૂર્ય ઊગ્યા પહેલાં થોડીવાર માત્ર દૃષ્ટિએ પડશે, અને પ્રતિ દિવસે તારાઓમાં તેનું સ્થળ બદલાતું જશે અને દિવસે સૂર્યના તેજને લીધે બીજા તારાઓની પેઠે તે અદૃશ્ય થશે. તેને C સ્થળે ખસેડો— એટલે તે સૂર્યની જોડે ઊગી તેની જોડે આથમશે અને A આગળ દેખાતો નહોતો તેમ અહીંપણ સૂર્યના તેજને લીધે દેખાશે નહિ. વળી તેને D સ્થળે ખસેડો—એટલે તે સૂર્યને ડાબે પડખે દેખાઇ સૂર્યોદય કેડે ઊગી સૂર્યાસ્ત પછી આથમશે, તેથી તે માત્ર સંધ્યાકાળે દૃષ્ટિએ પડશે. થોડો વિચાર કરવાથી સ્પષ્ટ જણાશે કે ચંદ્રની પેઠે આ ગ્રહની કળા બદલાયછે અને વળી મધ્યરાત્રે તે દેખાતો નથી. પરંતુ એક મોટો ફેર જોવામાં આવશે. આપણે સૂર્યથી સદા લગભગ સરખે અંતરે રહી તેની પ્રદક્ષિણા કરીએ છીએ તેથી સૂર્યનું કદ સદા લગભગ સરખું દેખાયછે; અને પૃથ્વીથી લગભગ સરખે અંતરે રહી ચંદ્ર તેની આસપાસ ફરેછે તેથી તેનું કદ સદા લગભગ સરખું દેખાયછે. સરખું રૂપ દેખાયછે એમ હું કહેતો નથી એ તમારે

યાદ રાખવું. પરંતુ જે નવી પૃથ્વી વિષે આપણે વિચાર કરીએ છીએ તે સૂર્યની આસપાસ ફરેછે તેથી તે કોઈવાર આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે આવશે અને કોઈવાર સૂર્યની સામેની બાજૂએ હશે; એ કારણથી આપણી અને તેની વચ્ચેના અંતરમાં ફેર પડશે અને તેથી તેનું દેખાઈતું કદ બદલાશે.

૧૪૦. માટે આ નવી પૃથ્વીને દૂરબીનમાંથી જોઈએ તો તેનું કદ અને ચંદ્રની પેઠે તેનો આકાર પણ બદલાયલો દેખાય અને તે પરનું વાતાવરણ સ્વચ્છ હોય તો તેપરના સાગર અને ખંડ દૃષ્ટિએ પડે અને તે કારણથી તેમની ગતિ પરથી તે પોતાની કક્ષાપર કેટલી ઝડપથી ફરેછે— આપણા દિવસ કરતાં તેપરના દિવસ લાંબા છે કે ટૂંકા છે તેનો નિશ્ચય કરી શકીએ.

§ ૨.—आपणी पृथ्वी करतां सूर्यथी वधारे दूर रहेला पृथ्वीना जेवा पदार्थ आपणने केवा देखाय ते विषे.

૧૪૧. આપણી પૃથ્વીની બહારની મેર ગ્રહ કેવો દેખાયછે તે બતાવવાને ગોળાને પૃથ્વીની કક્ષાની બહારની બાજૂએ સૂર્યની આસપાસ માત્ર ગોળ ફેરવવો પડશે. પ્રથમ એ ગોળાને સૂર્યની પેલીમેર પૃથ્વીની સામેની દિશામાં રાખીએ. એમ કરવાથી સૂર્યના તેજને લીધે તે દેખાશે નહિ, અને ઘડીઆળના કાંટા જે દિશામાં ફરેછે તેની ઊલટી દિશામાં ફેરવીશું તો તે સૂર્યની ડાબી બાજૂએ દેખાશે, અને તે કારણથી અંદરની પૃથ્વીની પેઠે સૂર્યાસ્ત કેડે આથમશે. પંરતુ તેની કક્ષાનો ચોથો ભાગ ફર્યા કેડે તેને આગળ ફેરવોછો તેમ તેમ તે ફરીને સૂર્યની થડમાં ન આવતાં તથા તેની અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઇને ન જતાં સૂર્યથી આઘો જતો દેખાયછે; અને છેવટે



ચિત્ર ૨૯ મું.—આ ચિત્ર પૃથ્વીની કક્ષાની બહાર સૂર્યની આસપાસ ભ્રમણ કરનારા ગ્રહની ગતિ દર્શાવેછે.

સૂર્યની પેલીમેર પૃથ્વીની સામેની દિશામાં આવી સૂર્યાસ્તે ઊગેછે અને મધરાતે દક્ષિણમાં દેખાયછે. સૂર્યની અને પૃથ્વીની વચ્ચે રહેલો ગ્રહ એ રીતે દેખાતો નથી.

૧૪૨. વળી તમારા જોવામાં આવશે કે ૨૫ મા ચિત્રમાં A અને B સ્થળે તેનો કાળો ભાગ થોડોક દેખાશે, તોપણ પૃથ્વીને તેનો લગભગ તમામ પ્રકાશિત ભાગ દેખાયછે, તેથી અંદરના ગ્રહની કળા બદલાયછે તે તમામ કળા બહારના ગ્રહની બદલાશે નહિ. એ કારણથી અંદરનો ગ્રહ સૂર્યને એક પડખેથી બીજે પડખે જતો દેખાશે, પંરતુ બહારનો ગ્રહ આપણી પૃથ્વીની બહાર ઘણે અંતરે ફરશે. એવા ગ્રહનું કદ વધતું ઓછું થશે, પરંતુ અંદરના ગ્રહના જેટલું નહિ.

§ ૨. —શું આવા પદાર્થો છે? ગ્રહો.

૧૪૩. જે પદાર્થો વિષે આપણે વિચાર કરીએ છીએ તેવા બહારના અને અંદરના પદાર્થો છે અને તે સર્વને **ગ્રહો** કહેછે. પૃથ્વીને પણ ગ્રહ કહેછે, કારણ કે બીજા ગ્રહોપર જોશીઓ રહેતા હોય તો તેમને બીજા ગ્રહોની પેઠે પૃથ્વી તારાઓમાં

ફરતી દેખાય. આપણી પૃથ્વી સુદ્ધાં મુખ્ય ગ્રહો આઠ છે; અંદરના ગ્રહોને बुध અને शुक्र તથા બહારના ગ્રહોને मंगळ, बृहस्पति (गुरु), शनि, युरेनस, અને નેપ્ચ્યુન કહેછે. પહેલા ત્રણ ગ્રહ આપણી પૃથ્વીથી નાના છે અને બાકીના બહુ મોટા છે.

૧૪૪. બુધ અને શુક્રને અંતર્ગ્રહ, એટલે આપણી અને સૂર્યની મધ્યે આવેલા ગ્રહો કહેછે, કારણ કે પાછળ કહ્યાપ્રમાણે તેઓ સૂર્યની એક બાજૂએથી બીજી બાજૂએ ફરતા દેખાય છે. બુધ સૂર્યોદય પહેલાં વહેલો ઊગી અથવા સૂર્યાસ્ત કેડે મોડો આથમી દૃષ્ટિએ પડે એટલો તે સૂર્યથી ક્વચિત્ દૂર જાયછે. પરંતુ શુક્ર સૂર્યથી એટલો દૂર જાયછે કે સૂર્યાસ્ત કેડે અથવા સૂર્યોદય પહેલાં ઘણીવાર લગી દેખાયછે. એ કારણથી ઇંગ્રેજીમાં એને પ્રાતઃકાળનો તારો અથવા સાયંકાળનો તારો કહેછે. એ પાછલી રાતે ઊગેછે તેવારે ગૂજરાતનાં ગામડાંના લોક એને ઠગળિયું કહેછે.

૧૪૫. બહારના ગ્રહો પાછળ કહ્યા પ્રમાણે આખા આકાશમાં ભ્રમણ કરેછે. પરંતુ એ સર્વ ગતિઓ નારંગી અને ગોળાથી જેવી સમજાયછે તેના કરતાં ઘણી ગુંચવણ ભરેલીછે, કારણ કે પૃથ્વી સ્થિર નથી, પરંતુ સૂર્યની આસપાસ બહારના ગ્રહો કરતાં ઉતાવળી અને અંદરના ગ્રહો કરતાં ધીમી ગતિ કરેછે; અને વાસ્તવિક દેખાઈતી ગતિઓ દર્શાવવાને જે ગ્રહને ઠામે ગોળો લેવો હોય તેને અનુકૂળ આવે એવે વેગે સૂર્યની આસપાસ નારંગીને ફેરવવી જોઈએ.

૧૪૬. સૂર્યમાળા કહેવાયછે તેમાં સૂર્ય અને તેની આસપાસ ફરનારા ગ્રહો છે. વસ્તુતઃ જે જે પદાર્થપર સૂર્યની સત્તા છે તે પ્રત્યેક પદાર્થ સૂર્યમાળાનું અંગ છે.

૧૪૭. એમ ગ્રહ ઉપરાંત ધૂમકેતુ અને ઉલ્કા એટલે ખરતા તારા નામે પદાર્થો સૂર્યમાળાનાં બીજાં અંગ છે તેમનું સવિસ્તર વર્ણન આગળ આપવામાં આવશે; એ સર્વ પદાર્થો મળીને એક પ્રકારનું કુટુંબ બનેછે ને તેનો વડીલ સૂર્ય છે; ઉપરથી જોતાં સૂર્યમાળા કેવી દેખાય તે પાસેના પાનામાં બીજા ચિત્રપટમાં

એનું ચિત્ર આપ્યું છે તે જોવાથી જણાશે. પરંતુ સૂર્યમાળા માંહેલા ગ્રહોના આકાર અને અંતરનું ખરૂં માન સમજાવવું મુશ્કેલ છે. વાસ્તવિક માન સમજવાને સૂર્યને બદલે બે ફુટથી કાંઈક વધારે વ્યાસનો ગોળો લો; એટલે સૂર્યના પ્રમાણમાં બુધને ઠામે રાઈનો દાણો લેઈ તેને ૧૬૪ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં ફરતો લેવો પડશે. શુક્રને ઠામે વટાણો લેઈ તેને ૨૮૪ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં, પૃથ્વીને બદલે પણ વટાણો લેઈ તેને ૪૩૦ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં; મંગળને ઠામે મોટી ટાંકણીનું માથું લેઈ ૬૫૪ ફુટ વ્યાસના વર્તુલમાં; નાનાં ગ્રહોને બદલે રેતીના કણ લેઈ તેમને ૧,૦૦૦ થી ૧,૨૦૦ ફુટની કક્ષામાં; બૃહસ્પતિને ઠામે મધ્યમ કદની નારંગી લેઈ તેને લગભગ અડધો મૈલ વ્યાસના વર્તુલમાં; શનિને બદલે નાની નારંગી લેઈ તેને ⅘ મૈલ વ્યાસના વર્તુલમાં; યુરેનસને ઠામે મોટું બોર લેઈ તેને દોઢથી વધારે મૈલના ગોળના પરિઘમાં, અને નેપ્ચ્યુનને બદલે નાનું બોર લેઇ તેને લગભગ અઢી મૈલ વ્યાસના વર્તુલમાં ફરતા લેવા પડશે.

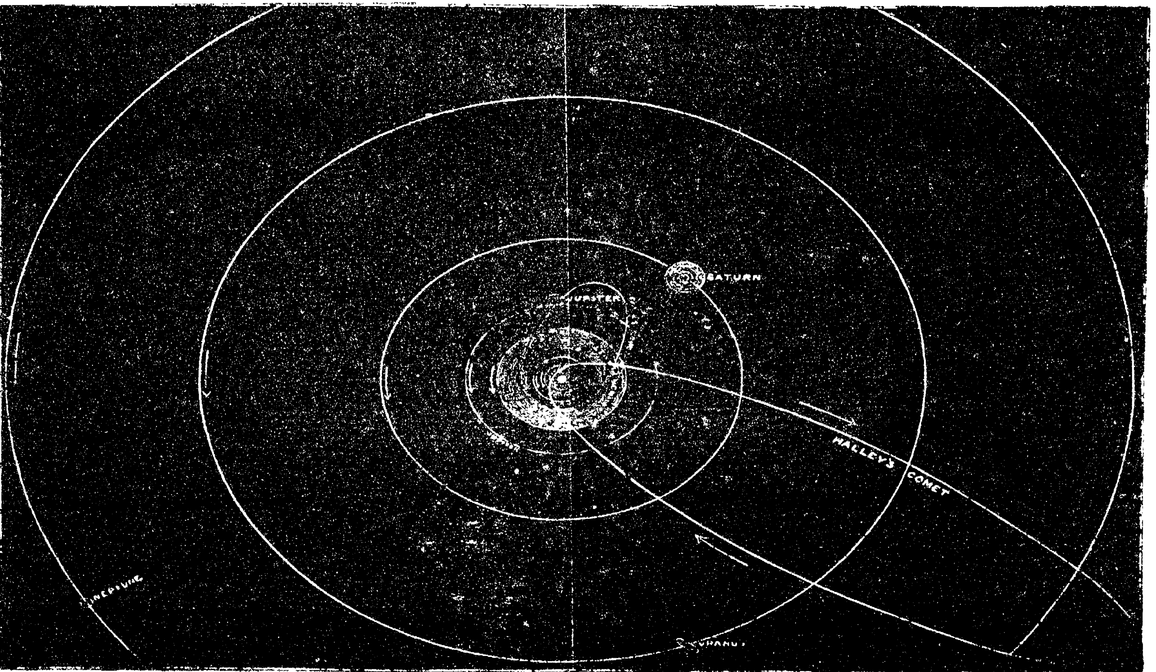
૧૪૮. સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર ૧૪૭ મી કલમમાં ૪૩૦ ફુટના અર્દ્ધ એટલે ૨૧૫ ફુટથી દર્શાવ્યું છે તે વસ્તુતઃ ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે એવું મેં પાછળ કહ્યુંછે, પરંતુ આ અંતરની કલ્પના કરવી કઠણ છે. હું એટલુંજ કહુંછું કે કલાકે ત્રીસ મૈલ ચાલે એવી રીતે આગગાડી સને ૧૮૭૫ ના જાનેવારીની ૧ લી તારીખે પૃથ્વીને છોડીને જાય તો તે સને ૨૨૧૩ ના જૂન મહીનામાં માત્ર સૂર્યમાં જઈ પહોચે.

૧૪૯. આવા અધૂરા જ્ઞાનથી આરંભ કરી આપણે હવે અંદરના ગ્રહો એટલે જે ગ્રહો પૃથ્વી કરતાં સૂર્યની વધારે પાસે છે તેમને વિષે વિચાર કરીએ.

§ ૪.—अंदरना ग्रहो.

बुध.

૧૫૦. બુધ એ સૂર્યની પાસેમાં પાસેનો ગ્રહ છે અને તે શુમારે—૩,૫૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે સૂર્યની આસપાસ ફરે-



सूर्यमाला.

છે. સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે, તેથી બુધની કક્ષાનો વ્યાસ પૃથ્વીની કક્ષાના વ્યાસથી લગભગ ત્રીજે હિસ્સે છે. બુધ કોઈવાર સૂર્યાસ્ત કેડે અને કોઈવાર સૂર્યોદય પહેલાં થોડીવાર દૃષ્ટિએ પડેછે, કારણ કે સૂર્યને છોડીને તે કદી દૂર જતો નથી. તેને પોતાની કક્ષામાં ફરતાં ૮૪ દિવસ લાગેછે તેથી તેનું વરસ આપણા વરસના ચતુર્થાંશથી ઓછું છે. એની કક્ષા બીજા ચિત્રપટ્ટમાં બતાવી છે અને ચંદ્રની કક્ષાની પેઠે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને કાંઈક નમેછે; એટલે પૃથ્વીની કક્ષાને પાણીની સપાટીપર તરતી ધારીએ તો બુધની કક્ષાનો થોડોક ભાગ પાણીની સપાટીની નીચે અને થોડોક ભાગ તેની ઉપર રહેશે. આકૃતિમાં જોવાથી જણાશે કે તે સદા સૂર્યની સમીપ દેખાશે. બુધ આપણી ડાબી મેર એટલે સૂર્યની જમણી બાજૂએ હોયછે તેવારે તે સૂર્યની સાથે ફરી તેની કેડે તુરત આથમતો દેખાય છે; આપણી જમણી મેર એટલે સૂર્યની ડાબી બાજૂએ હોયછે તેવારે તે સૂર્યની આગળ જઈ તેની પહેલાં આથમેછે અને તેથી માત્ર પ્રાતઃકાળે દૃષ્ટિએ પડેછે. એ વેળા તે સૂર્યોદયની થોડી વાર પહેલાં ઊગેછે.

૧૫૧. દૂરબીનમાંથી જોતાં બુધની કળા ચંદ્રની પેઠે બદલાતી દેખાયછે. જે કારણથી ચંદ્ર કળા બદલેછે તેજ કારણથી એ બદલેછે. બુધ પોતાની કક્ષામાં ફરતાં જુદે જુદે સ્થળે આવેછે તે દર્શાવવાને ૨૮ મા ચિત્રમાં તેને બદલે ગોળો લેવાથી એ બિના ધ્યાનમાં આવશે. તે આપણી અને સૂર્યની વચ્ચે (અથવા યોગમાં) હોયછે તેવારે તે દેખાતો નથી, કારણ કે તેનો નિસ્તેજ ભાગ આપણી ભણી હોયછે, અને તે સંયોગરેખા છોડીને આગળ જાયછે તેમ તેમ તેનો પ્રકાશિત ભાગ વધારે વધારે દેખાતો જઈ છેવટે આપણી

સામે એટલે પ્રતિયોગમાં આવેછે તે વારે સકળ પ્રકાશિત ભાગ દૃષ્ટિએ પડેછે.

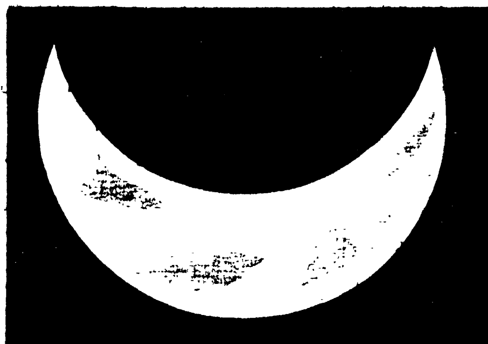
૧૫૨. બુધ વિષે થોડુંજ જાણવામાં આવેલું છે; પૃથ્વીની પેઠે તેના પર કોરી જમીન અને પાણી છે કે નહિ, અથવા ચંદ્રની પેઠે નિર્જળ છે, કિંવા ત્યાં વસ્તી હોય તો સૂર્યના ઉગ્ર તાપથી તેમનું રક્ષણ કરવાને ઘાડું મેઘમય વાતાવરણ છે કે નહિ તેની આપણને ખબર નથી. તેનું ઘટત્વ (કલમ ૧૩૩) પૃથ્વીના ઘટત્વથી વધારે છે એટલુંજ આપણે જાણીએ છીએ.

શુક્ર.

૧૫૩. બુધની પછી શુક્ર છે તે સૂર્યથી શુમારે ૬,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે છે અને તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસ જેટલો લગભગ મોટો છે. બુધની પેઠે એ ગ્રહ સૂર્યની આસપાસ ફરવામાં પોતાની કક્ષાના જે સ્થળમાં હોયછે તે સ્થળ પ્રમાણે સૂર્યાસ્ત કેડે અથવા સૂર્યોદય પહેલાં બહુધા દૃષ્ટિએ પડેછે. બુધમાં અને શુક્રમાં ફેર એટલો છે કે એની કક્ષા બુધની કક્ષાની બહાર હોવાથી ચાંદરણીઓમાં સૂર્યના દેખાઈતા સ્થળથી તે ઘણે અંતરે જઈ શકેછે અને તે કારણથી એની બેશ તપાસ કરી શકાયછે. બધા ગ્રહોમાં એનું તેજ વધારે છે અને તે દેખાયછે તેવારે ઓળખાયછે, ભૂલ થતી નથી. સૂર્યની આસપાસ વાર્ષિક ભ્રમણ કરવાને તેને ૨૨૪ દિવસ લાગેછે અને પોતાની કક્ષા ઉપર ૨૩$\frac{1}{4}$ કલાકમાં તે ફરી રહેછે. એ પરથી તેના દિવસની લંબાઈ નક્કી થાયછે.

૧૫૪. પૃથ્વીના સંબંધમાં આપણે કહી ગયા કે તેની ધરી ક્રાંતિવૃત્તને નમેછે તેથી ઋતુભેદ થાયછે અને પૃથ્વીનો ધ્રુવ ક્રાંતિવૃત્તને લંબ અથવા ઊભો ન હોતાં તેને ૨૩° નમેછે (કલમ ૭૧). શુક્રનો આંસ ક્રાંતિવૃત્તને ૫૦° અથવા ઊભી અને ક્ષિતિજસમસૂત્રસ્થિતિના લગભગ મધ્ય જેટલે અંતરે નમેછે

એવું કહેવાયછે. એનું પરિણામ એ થાયછે કે પૃથ્વીપર ઋતુના ફેરફાર થાયછે તેના કરતાં શુક્રમાં ઋતુના ફેરફાર વધારે થાયછે.

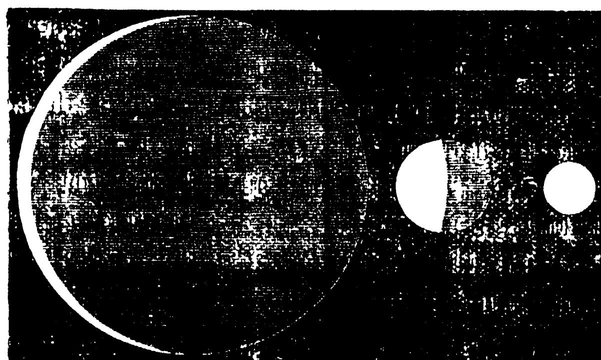


ચિત્ર ૩૦ મું.—શુક્ર. તેના પૃષ્ઠપરનાં ચિન્હો દર્શાવ્યાંછે.

બુધ કળા બદલેછે તેમ શુક્ર પણ કળા બદલેછે, અને જે કારણથી બુધની કળા બદલાયછે તેજ કારણથી શુક્રની કળા બદલાયછે. શુક્રના પૃષ્ઠ વિષે બહુજ થોડું જાણવામાં આવેલુંછે; પરંતુ ઉત્કૃષ્ટ દૂરબીનમાંથી તેના પૃષ્ઠપર કેટલાક કાળા ડાઘા ઘણીવાર દૃષ્ટિએ પડેછે. એ કદાચ વાદળાંમાં પડેલી ફાટો હશે ને તેમાંથી શુક્ર પંડે દેખાયછે. શુક્રનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વ જેટલું લગભગ છે.

૧૫૫. થોડો વિચાર કરવાથી તમારા જાણવામાં આવશે કે પૃથ્વીપરથી જોતાં શુક્રના દેખાઈતા કદમાં ઘણો ફેરફાર થવો જોઈએ; તેને પૂર્ણ જોઈ શકીએ તો જેમ તે પૃથ્વીની થડમાં વધારે આવે તેમ વધારે મોટો દેખાય; ચંદ્રની પેઠે તેની કળા બદલાયછે, તથાપિ ચંદ્રની પેઠે એનું કદ સરખું ન રહેતાં તેમાં વધ ઘટ થાયછે. એ વિષે આપણે વધારે બારીકીથી તપાસ કરીએ. જ્યારે પૃથ્વી અને સૂર્યના લગભગ મધ્ય ભાગે

શુક્ર હોયછે—એ કારણથી તે વેળા તે સુદ બીજ કે ત્રીજના ચંદ્ર જેવો સુંદર અર્દ્ધ કમાન આકારે દેખાયછે–તેવારે તે આપણાથી માત્ર ૨,૫૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે હશે (કારણ કે આપણે સૂર્યથી ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે છીએ અને સૂર્યથી તે ૬,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે છે); પરંતુ સૂર્યની બીજી બાજૂ-એ તે હોયછે તે વારે તે આપણાથી ૧૫,૭૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે હોયછે (એટલે આપણાથી સૂર્યનું અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ અને બીજી બાજૂએ સૂર્યથી શુક્રનું અંતર ૬,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે), તેથી ૧૫૭ અને ૨૫ ની અથવા ૬ અને ૧ ની વચ્ચે જેટલું પ્રમાણ છે તે પ્રમાણમાં તેનું કદ બદલાશે. એ કારણથી શુક્રની કોર, આપણને તે પૂર્ણ દેખાયછે તેવારે જેવડો વર્તુલ દેખાયછે તેનાથી છગણા મોટા



ચિત્ર ૩૧ મું.—શુક્ર પૃથ્વીથી ઓછામાં ઓછે, મ-ધ્યમ, અને વધારેમાં વધારે અંતરે હોયછે તેવારે તેનું દેખાઈતું કદ.

વર્તુલનો ભાગ દેખાશે. એ ફેરફાર ૩૧ મા ચિત્રમાં બતાવ્યાછે.

૧૫૬. શુક્ર અને બુધ સૂર્યની પૃથ્વી ભણીની બાજૂએ કોઈવાર હોયછે તેવારે તેઓ સૂર્યના બિંબમાં કાળા ડાઘા જેવા દેખાયછે. એને बुध अथवा शुक्रनुं संक्रमण કહેછે; એટલે આપણી અને સૂર્યની બરાબર મધ્યમાં થઈને ગ્રહનું જવું; એ કારણથી તે સૂર્યના બિંબપર દેખાયછે.

૧૫૭. સૂર્યગ્રહણ ચંદ્રવડે થાયછે તેમ અંદરનો ગ્રહ સંપાત બિંદુઓમાંના એકની થડમાં આવી સૂર્યના બિંબપર થઈને જાયછે એટલે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીની એક બાજૂએથી બીજી બાજૂએ જાયછે તેવારે તેનું સંક્રમણ માત્ર થઈ શકે. અથવા તે ગ્રહ અને પૃથ્વી હરકોઈ સંપાત બિંદુએ એક લીટીમાં આવેછે તેવારે માત્ર સંક્રમણ થઈ શકે. શુક્રનું સંક્રમણ સને ૧૮૭૪ માં અને સને ૧૮૮૨ માં થયું હતું. તે પાછું ૧૦૫½ વર્ષ લગી થવાનું નથી.

૧૫૮. શુક્રની પછી પૃથ્વી આવેછે. એ ગ્રહ ઉપર આપણે વશીએ છીએ અને એના વિષે પાછળ કહી ગયા છીએ તેથી હવે બહારના ગ્રહોનું વર્ણન કરીએ.

§ ૯.—बहारना ग्रहो.

૧૫૯. સૂર્યમાળામાં પૃથ્વી પછીનો ગ્રહ મંગળ છે. જે કક્ષામાં એ ગ્રહ ફરેછે તેનું સૂર્યથી સરાસરી અંતર ૧૩,૯૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે. તે પોતાની ધરીપર ૨૪½ કલાકમાં ફરી રહેછે તેથી આપણા દિવસથી તેનો દિવસ અડધો કલાક મોટો છે. તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસનો લગભગ અર્દ્ધ છે.

૧૬૦. સૂર્યની આસપાસ વાર્ષિક ભ્રમણ કરવાને મંગળને ૬૮૬ દિવસ લાગેછે તેથી તેનું વરસ આપણા વરસથી લગભગ બમણું છે. એની કક્ષા પૃથ્વીની કક્ષાની બહાર હોવાથી એ ગ્રહ સૂર્યની અને પૃથ્વીની વચ્ચે થઈને કદી જતો નથી અને તે કારણથી શુક્ર અને બુધની પેઠે એની કળા બદલાતી નથી;

પરંતુ તે પોતાની કક્ષામાંનાં એ સ્થળમાં પોણો विचाकार થઈ તેનું તેજ એક બાજૂએ કાંઈક ઓછું થયેલું ભાસેછે તે ૨૯ મા ચિત્રમાં જોવાથી જણાશે. એ ચિત્રમાં પૃથ્વી E સ્થળે છે અને એ બે સ્થળ A અને B આગળ દર્શાવ્યાં છે અને એ એ બિંદુએ કાળા પડખાનો થોડો ભાગ આપણી ભણી હોઈ પૂનેમની પહેલા અથવા પછીના બે ત્રણ દિવસના ચંદ્રના જેવો દેખાશે.

૧૬૧. આપણી પેલી મેર સૂર્યની સામે M બિંદુએ મંગળ હોયછે તેવારે તેનો પ્રતિયોગ થયેલો કહેવાયછે; એ વેળા તે આપણી છેક પાસે (એનું અંતર ૧૩,૯૦,૦૦૦૦૦–૯,૧૦,૦૦૦૦૦ =૪,૮૦,૦૦૦૦૦ મૈલ) હોઈ પૂર્ણ પ્રકાશમાન હોયછે; માટે એ ગ્રહની નિરીક્ષા કરવાનો સમય એ છે. પરંતુ એની કક્ષા અત્યંત કેંદ્રોદ્વર્ત્તી અથવા અંડાકાર હોવાથી એક દિશામાં તે પૃથ્વીની કક્ષાની બહુ પાસે અને બીજી દિશામાં તેનાથી દૂર હોયછે, અને મંગળ અને પૃથ્વી પોતાની કક્ષામાં છેક પાસેનાં સ્થળે હોયછે ત્યારે પ્રતિયોગ થાયછે તેવી રીતે બનેછે તેવારે અતિ અનુકૂળ પ્રતિયોગ હોયછે. અતિ પ્રતિકૂળ અંતરે આપણાથી તે જેટલો દૂર હોયછે તેનાથી લગભગ અડધે અંતરે માત્ર તે એ વેળા હોયછે. એની ધરીનો વાંક લગભગ પૃથ્વીની ધરીના વાંક જેટલો એટલે ૨૯° છે તેથી મંગળની ઋતુઓ આપણી ઋતુઓના જેવીજ હોવી જોઈએ.

૧૬૨. નરી આંખે જોતાં મંગળ રતાશપર દેખાયછે, તેથી તે સહજ ઓળખી શકાયછે, પરંતુ દૂરબીનમાંથી તેની રતાશ કાંઈક ઓછી જણાયછે અને તેનું પૃષ્ઠ તેજોમય દીસેછે તથા તેપર કેટલાક કાળા ભાગ દૃષ્ટિએ પડેછે. પ્રકાશિત ભાગ જમીન છે અને કાળા ભાગ સાગર છે. મંગળપર વસનારા લોકોને જેવી પૃથ્વી દેખાય તેવો તે આપણને દેખાયછે એ તેના-

બીજા ગ્રહોથી વધારે નવાઈ જેવું છે. ધ્રુવની આસપાસનું પૃષ્ઠ ધોળું દીસેછે અને વખતે વખતે ડાઘાની નિરીક્ષા કરવાથી પ્રત્યેક ધ્રુવની આસપાસનો ધોળો ભાગ તે ગોળાર્દ્ધમાં જેમ જેમ ઊનાળો પાસે આવતો જાયછે તેમ તેમ નાનો થતો દેખાયછે, પરંતુ સામેના ધ્રુવની આસપાસનો ધોળો ભાગ શિયાળામાં મોટો થાયછે, તેપરથી આપણી પૃથ્વીના ધ્રુવની આસપાસ બરફ છે તેના જેવું ત્યાં હશે એવું આપણે ધારીએ છીએ. મોટા દૂરબીનમાંથી મંગળ કેવો દેખાયછે તેનો કાંઈક આભાસ હેઠલા ચિત્રપરથી મનમાં આવશે. એ દેખાવનું મુખ્ય લક્ષણ એ છે કે આપણી પૃથ્વીપર કોરી જમીન કરતાં લગ-



ચિત્ર ૩૨ મું.—મંગળ. આ ચિત્રપરથી ધ્રુવ આગળના હિમમયભાગ અને જમીન તથા સમુદ્ર દેખાયછે.

ભગ ચોગણું પાણી છે તેમ મંગળપર ન હોતાં ત્યાં પાણી કરતાં લગભગ ચોગણી જમીન છે.



ચિત્ર ૩૩ મું.—મંગળની બીજી બાજૂનો દેખાવ.

લઘુ ગ્રહો.

૧૬૩. મંગળની પેલી મેર લઘુ ગ્રહો નામે ઝીણા ગ્રહોનું ટોળું છે તેમનું સૂર્યથી અંતર બહુ ભિન્ન ભિન્ન નથી અને તેઓ મંગળની કક્ષાની બહાર પોતાની કક્ષાઓમાં ફરેછે. એ ગ્રહોમાં વેસ્ટા, પાલાસ, જ્યૂનો, અને સીરીસ મુખ્ય છે, પરંતુ તેમના વ્યાસ થોડાક સો મૈલ માત્ર છે અને તેઓ નરી આંખે ભાગ્યે દેખાયછે કે નએ દેખાય. તેઓની લઘુતાને લીધે તેમના વિષે જાણુવા લાયક કાંઈ નથી. મોટા ગ્રહોની કક્ષા ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીને જેટલી નમેછે તેના કરતાં એ નાના ગ્રહોની કક્ષા વધારે નમેછે; પરંતુ તેમની કક્ષાઓ જોડે તેમના ધ્રુવ કેટલા અંશના ખૂણા કરેછે તેની આપણને ખબર નથી. તેમની સંખ્યા મોટી છે, ૧૩૦ ને શુમારે છે; શુમારે કહેવાનું કારણ એ છે કે દર વરસે કેટલાક નવા જડતા જાયછે અને તેમનાં નામ પાડવામાં લગભગ તમામ દેવતાનાં નામ ખપી ગયાં હશે. એ નાના ગ્રહોમાંના

ઘણાકનું તેજ દશમા વર્ગના તારાના જેટલું માત્ર છે અને તેમના પૃષ્ઠનું ક્ષેત્રફળ આપણા એકાદ નાના તાલુકાના ક્ષેત્રફળથી ઘણું મોટું નહિ હોય.

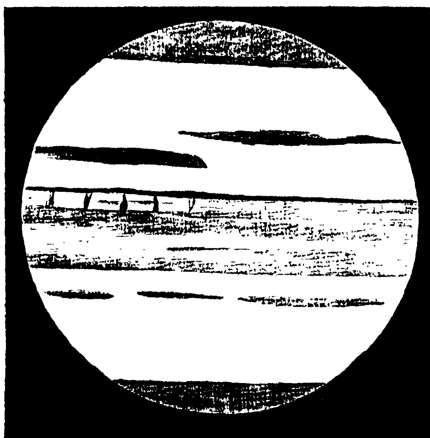
बृहस्पति (ગુરૂ).

૧૬૪. લઘુ ગ્રહોની કક્ષાઓની બહાર સૂર્યમાળામાંનો મોટામાં મોટો ગ્રહ બૃહસ્પતિ છે. એ ગ્રહ તમે કોઈવાર જોયો હશે. એ દૃષ્ટિમર્યાદાની ઉપલી મેર હોય છે ત્યારે એના ઉગ્ર તેજને લીધે એને ઓળખવામાં ભૂલ થતી નથી. એનાથી માત્ર શુક્રનું તેજ વધારે છે. સૂર્યની થડમાં હોવાથી શુક્રને બૃહસ્પતિથી ઓળખી શકાય છે. બૃહસ્પતિ સૂર્યથી ૪૭,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલને અંતરે રહેલી કક્ષામાં ફરેછે અને તેનું વરસ ૪,૩૩૩ દિવસનું છે.

૧૬૫. સાધારણ શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી જોતાં બૃહસ્પતિ અંડાકાર દેખાયછે. ધ્રુવ આગળ તે બહુજ ચપટો છે અને તેના પર કેટલીક કાળી મેખળાઓ આડી પડેલી છે તે પાસેનું ચિત્ર જોવાથી જણાશે. વળી એના પૃષ્ઠ ઉપર મોટા કાળા ડાઘા અને બીજાં ચિન્હો ઘણીવાર દૃષ્ટિએ પડેછે તે વિષે હમણા વધારે કહેવામાં આવશે. એ ચિન્હોની ગતિ પરથી નક્કી થયું છે કે ધરી ઉપર એના ભ્રમણનો કાળ શુમારે દશ કલાક એટલે આપણા એક દિવસના અર્દ્ધ કરતાં ઓછો છે, અને એનો વ્યાસ આપણી પૃથ્વીના વ્યાસથી લગભગ દશ ગણો મોટો છે. માટે એના ધ્રુવ પૃથ્વીના ધ્રુવથી વિશેષ ચપટા હોવા જોઈએ અને એનો વિષુવવૃત્ત પૃથ્વીના વિષુવવૃત્તથી વિશેષ ઉપસેલો હોવો જોઈએ, કારણ કે વિષુવવૃત્ત આગળનો એનો વેગ પૃથ્વીના વિષુવવૃત્ત આગળના વેગથી વીસ ગણો એટલે દર કલાકે ૨૦,૦૦૦ મૈલ હોવો જોઈએ.

૧૬૬. એના પૃષ્ઠ ઉપર મેખળા અને બીજાં ચિન્હો છે તે વિષે આપણે ઉપર કહી ગયા; એવું સંભવેછે કે બૃહસ્પતિપર વા-

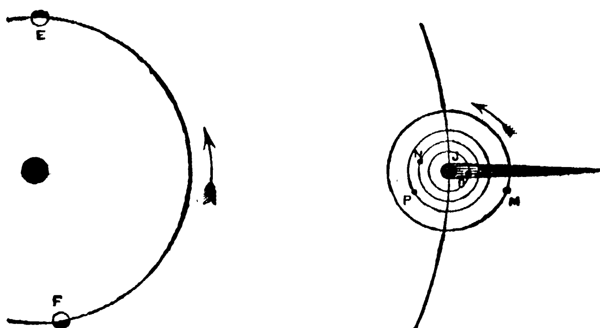
દળાંનું આચ્છાદન હોવાથી તે પ્રકાશમાન દેખાયછે, અને કાળી મેખળાઓ વાદળાંમાં ફાટ હોઈ તે વાટે એ ગ્રહનું અંગ અ-થવા ખરૂં જોતાં હેઠલાં વાદળાંનાં નીચલાં પડનું કાળું પૃષ્ઠ આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે. એ મેખળાઓની સંખ્યા અને કદ નિરંતર બદલાયછે, અને વાદળાંના સેતુઓ કાળા ભાગપર સદા આવ્યાં કરેછે તે પરથી સ્પષ્ટ જણાયછે કે બૃહસ્પતિનું પૃષ્ઠ આપણને દેખાતું નથી, પરંતુ અતિ મેઘમય વાતાવરણ માત્ર દૃષ્ટિએ પડેછે.



ચિત્ર ૩૪ મું.—આ ચિત્ર બૃહસ્પતિ, અને તે પરની વા-દળાંની મેખળા દર્શાવેછે.

૧૬૭. આપણા જોવામાં આવ્યું કે અત્યાર સૂધી વર્ણવેલા ગ્રહો એક બાબતમાં પૃથ્વીથી જુદા પડેછે,—તેમને ચંદ્રો નથી. પરંતુ બૃહસ્પતિને ચાર ચંદ્રો અથવા ઉપગ્રહો છે તે તેની આસપાસ ફરેછે અને આપણા ચન્દ્રની પેઠે કળા બદલેછે. તે સર્વેનું કદ લગભગ સરખું હોઈ પ્રત્યેકનો વ્યાસ શુમારે ૨,૦૦૦

મેલ છે, પરંતુ બૃહસ્પતિથી તેમનાં અંતર ભિન્ન ભિન્ન છે, અને તેથી તેમને મુખી (બૃહસ્પતિ) ની આસપાસ ફરતાં બહુ ભિન્ન ભિન્ન કાળ લાગેછે. પહેલો ઉપગ્રહ બેથી ઓછા દિવસમાં, બીજો ૩$\frac{1}{2}$ દિવસમાં, ત્રીજો સાત દિવસ અને ત્રણ કલાકમાં, અને ચોથો ૧૬$\frac{3}{4}$ દિવસમાં ફરી રહેછે. તેમની કક્ષાઓ બૃહસ્પતિની કક્ષાની સપાટીને ઘણીજ થોડી નમેછે તેથી તેઓ સૂર્ય અને બૃહસ્પતિની વચ્ચે થઈને જાયછે તેવારે એ ગ્રહના પૃષ્ઠના હર કોઈ ભાગપર સૂર્યનું ગ્રહણ દેખાયછે; માત્ર ચોથા ચંદ્રની કક્ષા



ચિત્ર ૩૫ મું.—બૃહસ્પતિના ચંદ્રોનાં ગ્રહણ, તિરોધાન અને સંક્રમણની સમજુતી આપનારૂં ચિત્ર.

એટલી નમેછે કે તેથી સૂર્ય અને બૃહસ્પતિને જોડનારી રેખાની ઉપલી મેર અથવા નીચલી મેર તે જઈ શકેછે અને તે કારણથી પ્રત્યેક ફેરે ગ્રહણ થતું નથી. બાકીના ત્રણ ચંદ્રોપર બૃહસ્પતિની છાયા પ્રત્યેક ફેરે પડી તેમનાં ગ્રહણ થાયછે તેનું કારણ આગળ કહ્યું તે છે.

૧૬૮. દૂરબીનમાંથી જોતાં એ ચંદ્રો (જેવી રીતે અંદરના ગ્રહો સૂર્યને બેઉ પડખે જતા દેખાયછે તેવી રીતે) બૃહસ્પતિની બંને બાજૂએ જતા દેખાયછે, અને એક બાજૂએથી બીજી બાજૂએ જતાં તેઓ ઘણું કરીને ગ્રહના બિંબપર થઈને જાયછે એટલે બિંબઉપર ચંદ્રનું **સંક્રમણ** થયું એમ કહેછે. આપણે

સૂર્ય અને બૃહસ્પતિને જોડનારી લીટીથી એટલે બધે અંતરે હેાઈએ કે છાયાને ચંદ્ર ઢાંકી દે નહિ ત્યારે બિંબપર થઈને જતાં ચંદ્રની છાયા પણ આપણી દૃષ્ટિએ પડે. એ ચંદ્રો બૃહસ્પતિના બિંબની પેલીમેર જાયછે તે વારે કોઈ કોઈ વાર એકદમ અદૃશ્ય થાયછે અથવા તેઓ બૃહસ્પતિની છાયામાં જાયછે, ત્યારે તેમનું ગ્રહણ થાયછે, પરંતુ આપણે એવે સ્થળે હેાઈએ કે બૃહસ્પતિની જે બાજૂની પછવાડે ચંદ્ર જાયછે તેની સામેની બાજૂએ બૃહસ્પતિની છાયા પડે; તેથી ચંદ્રનું ગ્રહણ ન થતાં તે બિંબની પાછળ જાયછે એટલે તેનું તિરોધાન થયું એમ કહેછે. ૩૫ મું ચિત્ર જોવાથી આ બિના સ્પષ્ટ સમજાશે; પૃથ્વી પોતાની કક્ષામાંના E બિંદુએ હેાયછે તેવારે N ચંદ્રનું સંક્રમણ દૃષ્ટિએ પડેછે, અને M ચંદ્રનું તિરોધાન અને O નું ગ્રહણ થયેલું હેાયછે, અને આ સ્થળેથી જોતાં પ્રત્યેક ચંદ્રનું ગ્રહણ થયા પહેલાં તેનું તિરોધાન થવું જોઈએ; પરંતુ પૃથ્વી F બિંદુએ હેાયછે તેવારે M ચંદ્રનું તિરોધાન ન થતાં તે છાયામાં જશે અને તિરોધાન થયાવિના તેનું ગ્રહણ થશે અને એ બિંદુમાંથી P ચંદ્રનું સંક્રમણ થશે અને O ચંદ્રનું પણ ગ્રહણ થશે, પરંતુ છાયામાંથી મુક્ત થતાં વારને તે બૃહસ્પતિની પાછળ જશે અને તિરોધાનમાંથી પાછો દૃશ્ય થશે.

૧૬૯. બૃહસ્પતિની ધરીનો વાંક અતિ અલ્પ એટલે ૪° થી લગીર માત્ર વધારે છે, તેથી બૃહસ્પતિની ઋતુમાં જણાઈ આવે એવો ફેરફાર થતો નથી. બૃહસ્પતિનું કદ અથવા વાસ્તવિક કહીએ તો તેનો વિસ્તાર પૃથ્વીના વિસ્તાર કરતાં ૧,૩૦૦ થી વધારે ગણો મોટો છે,—એટલે આપણી પૃથ્વી જેવડા તેરસેં ગોળાનો એક ગોળો બનાવીએ તો તે માત્ર બૃહસ્પતિના જેવડો થાય,—તથાપિ તેનું વજન પૃથ્વીના વજનથી માત્ર ત્રણસેં ગણું વધારે છે, તેથી જે દ્રવ્યોનો બૃહસ્પતિ બન્યોછે તે દ્રવ્યો ભારમાં પૃથ્વીનાં દ્રવ્યથી ઘણા હલકા પ્રકારનાં છે; પૃથ્વીનું ઘટત્વ એક લેઈએ તો બૃહસ્પતિનું ઘટત્વ $\frac{1}{4}$ થી ઓછું થશે.

શનિ.

૧૭૦. બૃહસ્પતિ પછી હવે શનિ છે. એ ગ્રહ દૂરબીનમાંથી મહા ભભકાદાર દેખાયછે. એને આઠ ચંદ્રો છે તે ઉપરાંત તેની આસપાસ મોટી પ્રકાશમાન મેખળા છે. એ ગ્રહ સૂર્યથી શુમારે ૮૭,૨૦,૦૦,૦૦૦ મૈલને અંતરે રહેલી કક્ષામાં ફરેછે અને તેને પોતાનું વરસ પૂરૂં કરતાં ૧૦,૭૫૯ દિવસ અથવા આપણા એક વર્ષ જેવડાં લગભગ ત્રીસ વર્ષ લાગેછે. તેનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસથી નવગણો મોટો છે



ચિત્ર ૩૬ મું.—શનિ અને તેની મેખળાઓ.

શનિના પૃષ્ઠ ઉપર (બૃહસ્પતિના પૃષ્ઠ પરના ડાઘા અને મેખળાઓને કાંઈક મળતા) ડાઘા અને મેખળાઓ છે તેમની નિરીક્ષા પરથી તેની દૈનિક ગતિનો કાળ આશરે ૧૦½ કલાક એટલે બૃહસ્પતિની દૈનિક ગતિના કાળથી લગીર વધારે છે એવું નક્કી થયુંછે, અને તેની રચના બહુધા બૃહસ્પતિના જેવીજ છે એવું સંભવેછે, કારણ કે બૃહસ્પતિની પેઠે એનાપર મેખળા ઉત્પન્ન કરનારૂં વિસ્તીર્ણ મેઘમય વાતાવરણ પથરાયલું દેખાયછે; વળી આપણી પૃથ્વીના દ્રવ્યથી એનું દ્રવ્ય ઘણું હલકું છે; એનાં

દ્રવ્યનું ઘટત્વ બૃહસ્પતિનાં દ્રવ્યના ઘટત્વથી માત્ર અડધું છે. શનિનો આંસ આશરે ૨૬½° નો ખૂણો કરેછે, તેથી આપણી પૃથ્વીની પેઠે ત્યાં ઋતુઓનો ફેરફાર થાયછે.

૧૭૧. હવે મેખળાઓ વિષે બોલીએ. એ મેખળાઓ કેવી છે? સાધારણ રીતે ૩૬ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે એકની બહાર એક એમ ત્રણ મેખળાઓ અનુક્રમે દેખાયછે. છેક બહારની મેખળાનો વ્યાસ શુમારે ૧,૬૬,૦૦૦ મૈલ છે. બહારની એ મેખળા અતિશય ચળકતી છે, અને અંદરની મેખળા મોટા દૂરબીનમાંથી માત્ર દેખાયછે, અને તેમાંથી ગ્રહનો ગોળો દૃષ્ટિએ પડેછે. એ મેખળાઓ અતિશય પહોળી હોવા છતાં તેમની જાડાઈ શુમારે ૧૩૮ મૈલ માત્ર છે, અને કક્ષામાં ફરતાં કેટલેક સ્થળે તેમની કોર આપણી ભણી હોયછે તેવારે ઉત્તમ દૂરબીનમાંથી પણ ક્વચિત્ દેખાયછે. એવું ધારવામાં આવેછે કે એ મેખળાઓ શનિની આસપાસ ફરનારા નાના ચંદ્રો અથવા ઉપગ્રહોનો મોટો જથ્થો છે.

૧૭૨. શનિના ચંદ્રો આઠ છે તેઓ બૃહસ્પતિના ચંદ્રોના જેટલા આપણે કામના કે મનોરંજક નથી. તેઓ આપણાથી ઘણે અંતરે હોવાથી તેમનાં ગ્રહણ અને તિરોધાન આપણી દૃષ્ટિએ પડતાં નથી; વળી તેમની કક્ષાઓ શનિની કક્ષાને બહુ નમેછે તેથી ઝાઝાં ગ્રહણ થતાં નથી.

युरेनस.

૧૭૩. હવે યુરેનસ વિષે કહીએ. એ ગ્રહ વિષે બહુજ થોડું જાણવામાં આવ્યુંછે. સૂર્યથી એનું અંતર ઘણુંજ વધારે એટલે ૧,૭૫,૩૦,૦૦,૦૦૦ મૈલ છે; વાર્ષિક ભ્રમણ પૂરું કરતાં એને આપણા દિવસ જેટલા ૩૦,૬૮૬ દિવસ લાગેછે, અને એને ચાર ચંદ્રો છે એવું જણાયલુંછે. પૃથ્વીના વ્યાસથી એનો વ્યાસ ચાર ગણો મોટો છે અને એનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વનો શુમારે ⅙ છે.

નેપ્ચ્યુન.

૧૭૪. યુરેનસ પછી નેપ્ચ્યુન આવેછે. આપણી સૂર્યમાળામાંનો આઘેમાં આઘેનો ગ્રહ હાલ એ જણાયલોછે. એનું સૂર્યથી અંતર ૨,૭૪,૬૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે અને સૂર્યની આસપાસ ફરતાં એને ૬૦,૧૨૬ દિવસ લાગેછે. એનો વ્યાસ પૃથ્વીના વ્યાસ કરતાં ચારથી વધારે ગણો મોટો છે, અને એનું ઘટત્વ યુરેનસના ઘટત્વથી કાંઈક ઓછું છે.

૧૭૫. એનો શોધ મનોરંજક છે, કારણ કે ગ્રહનાં સ્થળ, રજકણુસમૂહ અને બીજા ગુણોની ગણતરી તે ગ્રહ વાસ્તવિક દેખાયા પહેલાં દૂર રહેલા બીજા પદાર્થોપર થતી અસરવડે શી રીતે થઈ શકે તે એ પરથી જણાયછે. યુરેનસની ગતિ પોતાની કક્ષાના એક ભાગમાં તેના ખરા વેગ કરતાં ધીમી અને બીજા ભાગમાં તેથી ઉતાવળી છે એવું ઘણા વખતથ જોવામાં આવ્યું હતું, અને એ નિરીક્ષા પરથી નેપ્ચ્યુન ગ્રહ નજરે પડ્યા પહેલાં તેનાં સ્થળ, રજકણુસમૂહ, ભ્રમણુકાળ, વગેરે નક્કી કર્યાં હતાં અને તે તેના વર્ત્તી કાઢેલા સ્થળની બહુ થડમાં તે જણાયો હતો. એને એકજ ચંદ્ર હાલમાં જણાયલોછે.

§ ૬.—ધૂમકેતુઓ, ઉલ્કા, અને ખરતા તારા.

૧૭૬. ગ્રહો સિવાય સૂર્યમાળામાં જુદી જાતના બીજા પદાર્થો છે. ગ્રહો એ સૂર્યના ઘરમાં વસનારા છે અને જે પદાર્થો વિષે આપણે હમણા વિચાર કરવાનોછે તેઓ મળવા આવનારા છે એમ કહીએ તો ચાલે.

૧૭૭. જેમણે ધૂમકેતુ જોયો હશે તેમને એ પદાર્થોના નવાઈ જેવા દેખાવ વિષે કહેવાની જરૂર નથી, અને જેમણે જોયો ન હોય તેમને એ પદાર્થો કેવા હોયછે તેનો કાંઈક આભાસ પાસેનું ચિત્ર જોવાથી થશે. ધૂમકેતુઓ આકાર, કદ અને તેજમાં એટલા તો ભિન્ન.ભિન્ન હોયછે કે તેમાંના કોઈ પણ બે



ચિત્ર ૩૭ મું.—ધૂમકેતુનો સાધારણ દેખાવ.

કેવળ રુરખા હોતા નથી; કોઈ વાર તેઓ નાના ગ્રહ અથવા તારાના જેવા હોઈ તેમને संच्चयास्पद નામે તેજસ્વી બિંદુ હોયછે અને પછવાડે લાખો મૈલ લાંબી પૂછડી હોયછે; કોઈ વેળા તેઓ સંચ્ચયાસ્પદ સહિત દેખાઈ તેની ચોમેર ફરતું ધુમસ હોયછે; વસ્તુતઃ વાદળાંના આકાર ભિન્ન ભિન્ન હોયછે તેમ ધૂમકેતુઓના આકાર ભિન્ન ભિન્ન હોયછે. ઘણાક ધૂમકેતુઓ નરી આંખે દેખાતા નથી.

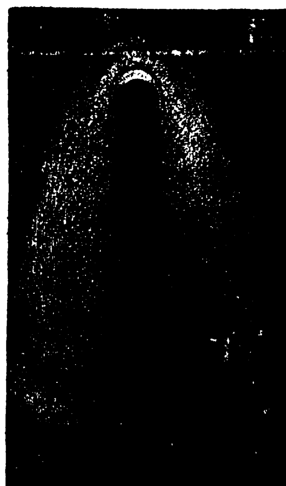
૧૭૮. ધૂમકેતુઓની વધારે મોટી સંખ્યા બહારથી સૂર્યમાળામાં આવેછે તેઓ સૂર્ય ભણી આકર્ષાઈ તેની પાસે થઈને જાયછે અને પાછા સૂર્યમાળાથી દૂર ચાલ્યા જાયછે; અને કેટલાક ધૂમકેતુઓ સૂર્યમાળામાંજ વસનારા છે અને ગ્રહોની પેઠે સૂર્યની આસપાસ ફરેછે. તેમની કક્ષાઓ લગભગ વર્તુલાકાર ન હોતાં અતિ કેંદ્રાપસારી હોયછે, તેથી તેઓ કોઈ વેળા સૂર્યની થડમાં જઈ ઘણે છેટે ચાલ્યા જાયછે. એવા કેટલાક ધૂમકેતુઓની કક્ષાઓ જાણવામાં આવીછે અને શોધી કહાડનારાનાં નામપરથી એ ધૂમકેતુઓનાં નામ પડ્યાંછે; ઉદાહરણ, એન્કીનો ધૂમકેતુ દર પાંચ વર્ષે સૂર્યની આસપાસ એકવાર ફરી રહેછે, અને હાલીના ધૂમકેતુને સૂર્યની પ્રદક્ષિણા ફરતાં લગભગ ૭૪ વરસ લાગેછે.

૧૭૯. ગ્રહોની કક્ષાઓ લગભગ એકજ સપાટીમાં એટલે ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીમાં છે તેમ ધૂમકેતુઓની કક્ષાઓ નથી. તેઓ અતિ ભિન્ન ભિન્ન ખૂણા કરેછે અને કેટલાકની કક્ષાઓ બહુ મોટા ખૂણા કરેછે. ઘણાક ધૂમકેતુઓ ગ્રહોની દિશાથી ઉલટી દિશામાં સૂર્યની આસપાસ ફરેછે તેથી તેમની ગતિ ઉલટી કહેવાયછે.

૧૮૦. તેમનું વજન અતિ અલ્પ છે, પરંતુ તેમનો વિસ્તાર અથવા કદ બહુ મોટું છે—ડોનાટિના ધૂમકેતુનું ચિત્ર આગળ આપ્યુંછે તેની પૂછડી લાખો મૈલ લાંબી છે; જે ઝાંખા તારા પાતળા વાદળામાં અથવા થોડા ધૂમાડામાં ઢંકાઈ જાય તે તારા એ પૂછડીમાંથી દેખાતા હતા. ધૂમકેતુ સૂર્યની સમીપ આવેછે તેમ તેમ आवरण અથવા फुवारा બંધાયછે.

૧૮૧. આ ચમત્કારી પદાર્થોનું વધારે વર્ણન કર્યા પહેલાં મારે તમને યાદ દેવડાવવું જોઈએ કે આકાશ ભણી નિહાળતાં તારાના જેવું સતેજ બિંદુ આકાશમાં એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે ત્વરાથી જતું અને તેની પાછળ એક બે સેકંડ લગી ચળકતો લીસોટો રહેલો તમારા જોવામાં આવ્યો હશે. વાદળાં વગરની પ્રત્યેક નિર્મળ રાતે જરાક લક્ષ દેઈને નિહાળવાથી એવા કેટલાક તારા ઘણું કરીને દૃષ્ટિએ પડે. એ તારાને खरता तारा કહેછે અને તેઓ ખરેખરા પૃથ્વીપર પડેછે તેવારે તેમને उल्का, खोल्का, અથવા अग्न्युत्पात કહેછે. તેમના દૃશ્ય આકાર અને તેજ બહુ ભિન્ન ભિન્ન હોયછે; નાના તારા પુષ્કળ ખરી પડેછે; મોટા તારા ક્વચિત્ ખરી પડેછે અને કોઈવાર બૃહસ્પતિ અથવા ચંદ્રના જેવડા મોટા અને લગભગ તેટલા તેજસ્વી દેખાયછે અને તેઓ કેટલીક સેકંડ સુધી આકાશમાં ચાલ્યા જઈ તેમના માર્ગમાં પ્રકાશિત લીસોટો રહેછે.

૧૮૨. હવે એમાંના કેટલાક પદાર્થ પૃથ્વીપર પડેછે તેથી રસાયન શાસ્ત્રીએ પૃથ્વી જે પદાર્થોની બનેલીછે તે પદાર્થો શોધી કહાડ્યાછે તેમ એ તારાઓની પરીક્ષા કરી તેઓ જેના બનેલા હોય તેની ખોળ કરી શકે. કેટલાક તારામાં વિશેષે કરીને ધાતુમય પદાર્થ



ચિત્ર ૩૮ મું.--ખરતા તારાનું માથું અને આવરણ.

અને કેટલાકમાં વિશેષ કરીને પત્થર હોયછે. તેઓ પૃથ્વીના વાતાવરણમાં આવેછે તેવારે તપીને એટલા તો ગરમ થાયછે કે તેઓ બળેછે અને નાના તારા પૃથ્વીપર પહોચ્યા પહેલાં બળી જાયછે, તથા મોટા તારાનું પૃષ્ઠ ઓગળી જઇ તેમનું કદ ઘણું નાનું થાયછે તોપણ તેઓ પૂરેપૂરા બળી જતા નથી. એવા નાશ પામતાં બચેલા ઘણાક તારા વિલાયતના સંગ્રહ-સ્થાનમાં છે તેમાંના કેટલાકનું વજન લગભગ સાડીઆઠ ખાંડી થાયછે.

૧૮૩. નિરંતર નિરીક્ષા કરવાથી એવું જાણવામાં આવ્યું છે કે જુદી જુદી રાત્રિએ ઘણાક ખરતા તારા આકાશના અ-મુક ભાગમાંથી આવતા દેખાયછે અને વરસની અમુક રાત્રિએ બીજી રાત્રિઓ કરતાં ઘણા વધારે તારા પડેછે. ઉદાહરણ, તા૦ ૧૩ મી નવેંબર અને તા૦ ૧૦ મી આગસ્ટે એવા તારાનું પતન પ્રખ્યાત છે. નવેંબર મહેનામાં જે તારાની વૃષ્ટિ થાયછે

તે સિંહ રાશિ તરફથી આવેછે તેથી તેમને સૈંહ (લીઓ-નૈડીસ) કહેછે અને આગસ્ટ મહીનામાં યયાતિ નક્ષત્ર તરફથી આવેછે તેથી તેમને યાયાત્ય (પર્સીઇ્સ) કહેછે.

૧૮૪. હમણા આપણે જાણીએ છીએ કે આ ખરતા તારા ગ્રહોની પેઠે સૂર્યની આસપાસ ફરેછે, અને તેઓમાં ચમત્કારી વાત એ છે કે તેમની કક્ષાઓનાં આકાર, કદ, અને સ્થળની તપાસ કરીએ છીએ ત્યારે તેઓ કેટલાક ધૂમકેતુઓનાં જેવાંજ માલૂમ પડેછે; તેથી કેટલાક ઉલ્કા અને ધૂમકેતુઓની કક્ષા અથવા માર્ગ એકજ હોવાથી ધૂમકેતુઓ ઉલ્કાઓનો સમુદાય છે એવી સૂચના કરવામાં આવીછે. ધૂમકેતુઓ અને ઉલ્કાઓના સંબંધ વિષેની આ સૂચના સાંપ્રત કાળમાં ખગોળવિદ્યાની મોટામાં મોટી શોધોમાંની એક છે; અને સને ૧૮૭૪ માં જે સું-દર ધૂમકેતુ દેખાયો હતો તેની નિરીક્ષા પરથી એવું જણાયુંછે કે ધૂમકેતુમાં જે પ્રકાશ અને ઉષ્ણુતા છે તે અવકાશમાં ઉલ્કાઓના પરસ્પર અથડાવાથી ઉત્પન્ન થાયછે. એ ઉલ્કાઓ પૃથ્વીના વાતાવરણમાં આવેછે તેવારે ખરતા તારાના જેવા દેખાયછે, કારણ કે આપણને ખબર છે કે ધૂમકેતુઓ ઘણા ગરમ નથી, તેઓ કાંઈક અંશે નક્કર પદાર્થના બનેલાછે અને તેઓમાંથી જે વરાળ નીકળેછે તે ઉલ્કાઓમાં એક જાતનો પદાર્થ રહેલો જાણવામાં છે તેની છે.

૧૮૫. ધૂમકેતુઓ એકાએક અને ચમત્કારી દેખાયછે તે પરથી પ્રાચીન કાળના લોકોને તેમને દેખીને ઘણું ભય લાગતું અને તમામ પ્રકારનાં સંકટોનું મૂળ તેઓ છે એમ તેઓ મા-નતા. ઉદાહરણ, શુમારે સને ૯૭૫ માં મિસર દેશમાં ટૈફનના-મે રાજા રાજ્ય કરતો હતો તેણે તે સમયે ધૂમકેતુ દેખાયો હતો તેનું નામ પોતાના નામ પરથી પાડયું હતું. તે વેળા મિ-સર અને ઈથિઓપિઆના લોકોને માથે અત્યંત આપત્તિ આવી પડી તે ધૂમકેતુ જોવાથી આવી એવું તેઓ માનતા હતા. એ ધૂમકેતુ અગ્નિના ગોળા જેવો દેખાઈ તેના પેચના જેવા

આમળાં વળેલા હતા અને ભયંકર દીસતો હતો. તેનો આકાર તારાના જેવો નહોતો, પરંતુ પ્રદીપ્ત અગ્નિની જ્વાળાની ગાંઠ બાંધી હોય તેના જેવો તે દેખાતો હતો. પાછલા યુગના લોકોને જે ભય લાગતું તે વિદ્યાને લીધે નાશ પામી તેને ઠામે આપણે જે બ્રહ્માંડમાં વશીએ છીએ તેના ચમત્કારોને વિષે કેવી રીતે સાનંદાશ્ચર્ય ઉત્પન્ન થાયછે તે આપરથી જણાયછે.

૪.—સૂર્ય—પાસેમાં પાસેનો તારો.

§ ૧.—સૂર્યમાળામાં સૂર્યની સત્તા.

૧૮૬. મેં પાછળ વર્ણન કર્યુંછે તેમાં પૃથ્વી કેવી છે (તે શેની બનેલીછે તે કહેવાનો મારો હેતુ નથી; તે તો તમે રસાયનશાસ્ત્રની પ્રવેશપોથીમાં શીખશો; અથવા તે કોના જેવી છે— તેના પૃષ્ઠપર જમીન અને સાગર કેવી રીતે છે અથવા તેની આસપાસ કેવી રીતે વાતાવરણ વીટલાયલુંછે તે કહેવાનો પણ મારો હેતુ નથી; તે તમે ભૂતળવિદ્યા પ્રવેશપોથીમાં શીખશો તે સમજાવવાનો મેં પ્રયત્ન કર્યોછે અને આપણે શીખ્યા કે પૃથ્વી શીતળ પદાર્થ હોઈ સૂર્યની આસપાસ ફરેછે, અને તે શીતળ હોવાથી તેનામાં પોતાનો પ્રકાશ નથી, પરંતુ સૂર્યમાંથી તેને પ્રકાશ મળેછે.

૧૮૭. વળી મેં બતાવ્યું કે પૃથ્વી એ સૂર્યની આસપાસ ફરનારા તેના જેવા કેટલાક પદાર્થો છે તેમાંનો એક પદાર્થ છે. એ પદાર્થોને ગ્રહો કહેછે. એ ગ્રહો પૃથ્વીના જેવા ઠંડા છે અને તેથી તેમનામાં પણ પોતાનો પ્રકાશ નથી.

૧૮૮. આપણે એ પણ શીખ્યા કે પૃથ્વીના વર્ષની અને બીજા ગ્રહોનાં વર્ષોની લંબાઈ સૂર્યની આસપાસ ફરતાં પત્યેક ગ્રહને જે કાળ લાગેછે તેપર આધાર રાખેછે; અને પ્રત્યેક ગ્રહ જેટલા વેગથી પોતાની ધરીપર ફરેછે અને તેથી તેના પૃષ્ઠનો દરેક ભાગ સૂર્યપ્રકાશમાં આવેછે તે વેગ પ્રમાણે પૃથ્વીના દિવસ અને બીજા ગ્રહોના દિવસો લાંબા ટૂંકા હોયછે.

૧૮૯. પૃથ્વીની અને પ્રત્યેક ગ્રહની ધરી ક્રાંતિવૃત્તને નમેછે તેને લીધે ઋતુઓ કેવી રીતે નક્કી થાયછે તે પણ આપણા જાણવામાં આવ્યું. વરસના હરકોઈ સમયે ગ્રહના દરેક ભાગ-પર જે વેળા સૂર્યનો પ્રકાશ પડેછે તેની અને જે વેળા પ્રકાશ પડતો નથી તેની વચ્ચેના અંતરને લીધે મુખ્યત્વે ઋતુઓનો ફેરફાર થાયછે.

૧૯૦. આ પરથી સૂર્યને દરેક પદાર્થ જોડે સંબંધ છે એવું સિદ્ધ થાયછે. તો જે સૂર્ય મધ્યભાગે હોઈ સર્વે ગ્રહો તેની આસ-પાસ ફરેછે અને જે સૂર્ય તેમને એટલો બધો ઉપયોગી છે કે તેમની ખુદ હયાતીનો આધાર જાણે તેનાં કિરણ ઉપર છે તે સૂર્ય કેવો છે ?

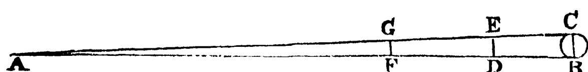
§ ૨.—સૂર્યની ઉષ્ણતા, પ્રકાશ, કદ, અને અંતર.

૧૯૧. પ્રથમ તમારે લક્ષમાં રાખવું કે સૂર્ય અતિ પ્રચંડ અગ્નિનો ગોળો છે; સૂર્યની ઉષ્ણતા એટલી બધી છે કે તેની તમારા મનમાં કલ્પના આણવાનો પ્રયત્ન કરવો નિરર્થક છે; મેં પાછળ કહ્યુંછે તે તમને સાંભરતું હશે કે પૃથ્વીની પેઠે બીજા ગ્રહો શી-તળ એટલે જેમના પૃષ્ટઉપર ભિન્ન ભિન્ન વસ્તુઓ નક્કર સ્થિ-તિમાં રહી શકે એવા પદાર્થો છે; એ કારણથી આપણે " નક્કર પૃથ્વી " કહીએ છીએ. પરંતુ સૂર્યના પૃષ્ઠ ઉપર કાંઈ પણ વસ્તુ નક્કર નથી, તે પર તો દરેક વસ્તુ ધોળા ઉષ્ણ વાયુ રૂપે છે.

૧૯૨. બીજું એ કહેવાનુંછે કે આ પ્રચંડ ઉષ્ણતાને લીધે સૂર્ય સ્વયંપ્રકાશ છે. ગ્રહો અને (આપણા ચંદ્ર સુદ્ધાં) તેમના ચંદ્રો પોતાના તેજ વડે પ્રકાશતા નથી એવું મેં પાછળ કહ્યુંછે તે તમને યાદ હશે.

૧૯૩. અને છેલ્લું એ કહેવાનુંછે કે સૂર્યનું કદ એટલુ તો મોટું છે કે બધા ગ્રહોને ભેગા કરીએ તો તેનાથી તે પાંચસેં ગણો મો-ટો થાય. તમે લગભગ પંદર લાખ પૃથ્વીને એકઠી કરી તેનો એક ગોળો બનાવો તો તે કદાચ સૂર્યના જેવડો થાય.

૧૯૪. મેં તમને પાછળ કહ્યુંછે કે પૃથ્વીથી સૂર્યનું અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે. એ અંતરનું ગણિતની રીતે માપ કહાડી બતાવવાને તો પુષ્કળ ગણિત કરવું પડે; પરંતુ આપણે એવું કહીએ કે તેનું અંતર અને દેખાઈતું કદ જાણતા હોઈએ તો તેનો વ્યાસ આ રીતે કહાડી શકાય. સૂર્યની બંને બાજુ-માંથી આંખ લગી A B અને A C કલ્પિત લીટીઓ, ચિત્ર ૩૯ મું, દોરો એટલે C B લીટી સૂર્યનો વ્યાસ થશે.



ચિત્ર ૩૯ મું.—સૂર્યનું કદ શી રીતે નક્કી થાયછે.

એ બે લીટીઓ વચ્ચેનો ખૂણો એવો છે કે એક લીટીથી બીજી લીટી સુધી દોરેલી સઘળી લીટીઓ, જેમકે D E અથવા FG, A થી તેમના અંતરના $\frac{૧}{૧૦૭}$ ભાગ જેટલી લાંબી છે; તેજ પ્રમાણે B C લીટી પણ A B અંતરનો $\frac{૧}{૧૦૭}$ ભાગ છે; આપણે જાણીએ છીએ કે A B અંતર ૯,૧૦,૦૦૦૦૦ મૈલ છે તેને ૧૦૭ વતી ભાગતાં ૮,૫૦,૪૬૭ આવેછે. એ ભાગાકાર B થી C સુધીનું અંતર અથવા સર્યનો મૈલમાં વ્યાસ છે.

§ ૩.—સૂર્ય કોના જેવો છે.

૧૯૫. દૂરબીન અને કાળા કાચની મદદ વિના સૂર્યની નિ-રીક્ષા થઈ શકતી નથી, અને અતિશય ઉષ્ણતા અને તેજને લીધે વિશેષ સાવચેતી લીધા સિવાય તેની નિરીક્ષા કરવી ભ-યંકર છે.* કાચના એકાદ કડકાને દીવે ધરી કાળો કરીને તેમાંથી સૂર્ય ભણી જોશો તો તે ગોળ અને પ્રકાશમાન દેખાશે, કારણ કે તેનો પ્રત્યેક ભાગ પોતાના તેજ વડે પ્રકાશેછે; ચંદ્ર હમેશ ગોળ દેખાતો નથી, પરંતુ સૂર્ય સદા ગોળ દેખાયછે. આ સતેજ

* જુવાન વાંચનારા છોકરા અથવા છોકરીએ નાના દૂરબીન-માંથી સૂર્યની સામું જોવું નહિ, કારણ કે એમ કરવાથી તે આંખ ખોશે.

ભાગને તેજાવરણ કહેછે. દૂરબીનમાંથી એના પૃષ્ઠપર ઘણીવાર કાળા ડાઘા દૃષ્ટિએ પડેછે અને એ ડાઘા કોઈવાર એટલા મોટા હોયછે કે દૂરબીન વગર દેખાયછે.

૧૯૬. એ ડાઘાની થડમાં સૂર્યની સાધારણ સપાટી કરતાં વધારે પ્રકાશવાળા ભાગ દૃષ્ટિએ પડેછે; એ ભાગને દીપ્તિમાન પ્રદેશ (ફાક્યુલી) કહેછે. એ પ્રદેશો સોવસા વધારે તેજોમય વાયુના હજારો મૈલ લાંબા પટ્ટ છે. એ ડાઘા અને દીપ્તિમાન પ્રદેશોને વખતે વખતે નિહાળીએ તો તેમનો આકાર નિરંતર બદલાતો દૃષ્ટિએ પડે.

§ ૪.—સૂર્યમાંના ડાઘા.

૧૯૭. સૂર્ય આપણાથી અતિશય દૂર છે, તથાપિ તેના મોટા કદને લીધે તથા જે ઉપાધિઓ ત્યાં ચાલુ છે તેમના બળને લીધે એ ડાઘા દૂરબીનમાંથી સુંદર દેખાય છે. એક ડાઘાનું ચિત્ર (ચિત્ર ૪૦ મું) આપ્યુંછે તે એટલો તો મોટો છે કે કેટલીક પૃથ્વીઓ તેમાં ફેંકાઈ હશે.

૧૯૮. એ ડાઘા અને તેમનાં સ્થળને લક્ષ પૂર્વક નિહાળીએ, અને ફરીને એક બે દિવસ કેડે તેમની નિરીક્ષા કરીએ તો એ ડાઘા પશ્ચિમ ભણી ખસેલા દેખાય અને તેઓ સૂર્યના બિંબના ડાબા પડખાથી પશ્ચિમ ભણી હળવે હળવે જતા દૃષ્ટિએ પડશે. એ દિશામાં તેઓ ધીમે ધીમે અદૃશ્ય થશે.

૧૯૯. હવે એ સર્વ ડાઘાની ગતિ તેની તેજ દિશામાં સમાન હોવાથી સ્પષ્ટ છે કે સૂર્યનું પૃષ્ઠ ફરેછે અને ડાઘાને સાથે લેતું જાયછે અને એકાદ સુ-અંકિત ડાઘાને સૂર્યના બિંબપર થઈને પશ્ચિમ ભણી જતો નિહાળીએ તો તે આશરે બાર દિવસ કેડે પાછો ડાબી બાજૂએ આવી શુમારે પચીસ દિવસમાં પ્રથમ જે સ્થળે તે દેખાયો હતો તે સ્થળમાં આવતો દેખાય. એટલા સમયમાં તે સૂર્યના સકળ બિંબપર અને સૂર્યના પાછલા ભાગની આસપાસ થઈને ગયો હોયછે.

૨૦૦. એ કારણથી સૂર્યનું પૃષ્ઠ પચીસ દિવસમાં ગોળ ફર્યુંછે, અથવા વસ્તુતઃ સમગ્ર સૂર્ય આ વેગે પોતાની ધરીપર ફરેછે અને ડાઘા તથા દીપ્તિમાન પ્રદેશને પોતાની સાથે લેતો જાયછે.

૨૦૧. હવે ડાઘો શી વસ્તુ છે તેની તપાસ કરીએ. સૂર્યના બિંબના મધ્ય ભાગની નજીક કાંઈક નિયમિત ડાઘો દેખાયછે

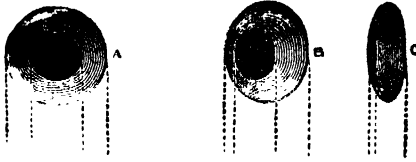


ચિત્ર ૪૦ મું.—સૂર્યમાંનો ડાઘો.

તો તે ગોળ દીસેછે; થોડાક દિવસ કેડે કોરની થડમાં તેને પાછો નિહાળીશું તો તેનો પહેલાંના જેવો આકાર દેખાશે નહિ; છેક કાળો મધ્યભાગ ડાબી મેર ગયેલો અને તેની આસપાસની અર્દ્ધ છાયા લોપ થયેલી દેખાશે. એ પરથી આપણને શું જ્ઞાન મળી શકે તેનો વિચાર કરીએ. સાધારણ ચીની રિકાબી લેઈ તેના જે ભાગપર પ્યાલો મૂકીએ છીએ તેને કાળો રંગો, અને પછી તેની ભણી સીધી નજરે જુઓ—૪૧ મા ચિત્રમાં A આગળ દેખાયછે તેવી રીતે કાળો ભાગ ઢળતી બાજૂઓથી સરખો વીંટલાયલો દેખાશે; હવે એ રિકાબીને ફેરવીને કોરની દિશામાં રાખશો તો ડાબા હાથની કોર છેક અદૃશ્ય થયેલી જણાશે,

પરંતુ જમણી બાજૂ આંખ આગળ લગભગ ચપટી હોઈ તે C ના જેવી દેખાશે.

૨૦૨. હવે મોટા ગોળા ઉપર એ રિકાબીના જેવો ખાડો કરીએ તો રિકાબી અને ડાઘાના જેવાજ તેના ફેરફાર દૃષ્ટિએ પડે; તેપરથી આપણે એવો નિર્ણય કરીએ કે સૂર્યમાં જે ડાઘા



ચિત્ર ૪૧ મું.--સૂર્યમાંના ડાઘાના દેખાવોની સમજુતી.

દેખાયછે તે સૂર્યના તેજસ્વી ભાગમાં ખાડા છે; પરંતુ બીજા પ્રમાણ પરથી જણાયછે કે એ ખાડા ખાલી નથી, પણ વાયુઓથી ભરેલા હોઈ તે વાયુઓ નીચેના સૂર્યપ્રકાશને ઉપલી મેર આવવા દેતા નથી.

§ ૯.—સૂર્યનું વાતાવરણ.

૨૦૩. જે ગોળ સૂર્ય આપણી દૃષ્ટિએ પડેછે તેટલોજ તે છે એમ ન જાણવું, પરંતુ તે તેનો વધારે ઘટ્ટ ભાગ છે; દૃષ્ટિગોચર સૂર્યની પેલી મેર લાખો મૈલ સૂધી ઓછા ઘટ્ટ અને પ્રકાશિત વાયુઓ પ્રસરેલાછે; પરંતુ આપણે તારાઓને જોઈ શકતા નથી તેમ એ વાયુઓને જોઈ શકતા નથી; તથાપિ સૂર્યગ્રહણની વેળા સૂર્યનું બિંબ ચંદ્રના બિંબ વડે ઢંકાઈ જઈ તેનો પ્રકાશ પડતો નથી તેવારે આપણે તારાઓને જોઈ શકીએ છીએ તેમ એ વાયુઓને જોઈ શકીએ છીએ (કલમ ૧૧૪). એ સમયે પ્રકાશિત વાયુઓના સુંદર રંગ દેખાયછે તેઓમાં રાતો રંગ ઘણો સાધારણ હોયછે. પરંતુ એ વાયુઓ સૂર્યની જેમ સમીપ જાયછે તેમ વધારે પ્રકાશિત દેખાયછે અને તેને વીંટલાઇને રહેછે. આ વેષ્ટનને રંગ્નિ-

તાવરણ કહેછે અને એની નિરીક્ષા વિશેષ રીતિએ થઈ શકે. પછી એવું જોવામાં આવેછે કે વાસ્તવિક સૂર્યના હલકા વાયુઓ તેના બહારના વાતાવરણમાં મળેછે. એને किरीटाकार वातावरण



ચિત્ર ૪૨ મું. — સૂર્યનું કિરીટાકાર વાતાવરણ.

કહેછે. તેના આકાર ચમત્કારી હોયછે તેપરથી તેને કિરીટ (મુગટ) નું નામ આપ્યુંછે અને એ કિરીટનું સ્વરૂપ ઉતાવળે બદલાયછે.

§ ૬.—सूर्य शेनो बनेलोछे.

૨૦૪. જેમ ઝુમ્મરના લોલક પર પ્રકાશ પડવાથી તેમાં મઘધનુષ્યના તમામ રંગ દેખાય છે તેમ પ્રકાશવેધક નામે જે યંત્ર વડે અંગભૂત રંગોમાં પ્રકાશના વિભાગ થાયછે તે યંત્ર વડે સૂર્યના પ્રકાશનું પૃથક્કરણ કરવાથી સિદ્ધ થયું છે કે આપણી ધાતુઓમાંની ઘણીક ધાતુ સૂર્યમાં છે. એ ધાતુઓ પોતાના મૂળ રૂપે નથી, પરંતુ વાયુ રૂપે છે; ત્યાં એટલી બધી ઉષ્ણુતા છે કે જેમ પૃથ્વી પર પાણીની વરાળ થાયછે તેમ સૂર્ય પર ધાતુની વરાળ થાયછે. પૃથ્વીપર જે મૂળતત્વો આપણા જાણુવા-

માં છે તેઓમાં સર્વેથી પહેલો હૈડ્રોજન વાયુ, પછી માગ્નીશિયમ, કાલ્શિયમ, સોડિયમ, લોઢું, માંગનીઝ, નિકલ, બેરિયમ, સ્ટ્રોન્શિયમ અને બીજી અસંખ્ય ધાતુઓની વરાળ સૂર્યપર છે. એ ઉપરાંત પૃથ્વીપર આજપર્યંત જણાયા નથી એવા બીજા બે વાયુ સોવસા ત્યાં છે.

૨૦૫. સૂર્ય ઘણે અંશે વાયુઓનો બનેલોછે તેથી તેનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વથી ઘણું ઓછું છે એવું જાણી તમને અચંબો લાગશે નહિ; ખરેખર સૂર્યનું ઘટત્વ પૃથ્વીના ઘટત્વના ચતુર્થાંશથી ઓછું છે.

§ ७.—सूर्य पासेमां पासेनो तारो छे.

૨૦૬. સૂર્ય ગ્રહોથી બહુ ભિન્ન છે તેટલાજ કારણથી મેં તેના અંગની રચનાનું વિસ્તારથી વર્ણન કર્યુંછે એમ નથી, પરંતુ આપણે હમણા જાણીએ છીએ કે सूर्य एक तारो छे; બીજા તારાઓ કરતાં તે વધારે મોટો અને તેજસ્વી છે તેનું કારણ તે તેમનાથી ભિન્ન છે તે નથી, પરંતુ તે આપણી બહુ સમીપ છે.

૨૦૭. તો હવે સૂર્યમાળામાં મુખ્યત્વે એક ઉષ્ણ પદાર્થની આસપાસ કેટલાક ઠંડા પદાર્થો ફરેછે એવી તેની વ્યાખ્યા કરીશકાય. જેમ पृथ्वीने ग्रहोनो नमूनो लेई शकाय तेम अगाध अंतरिक्षमां जे चकचकता ताराओ छे तेमनो नमूनो सूर्यने लेई शकाय; અને સૂર્યની આસપાસ જેમ ગ્રહમાળા છે તેમ દરેક તારાની આસપાસ તેની ગ્રહમાળા છે એવી કલ્પના કરીએ તો તે ખોટું નહિ કહેવાય.

૯.—तारा.

§ १.—तारा ए दूर रहेला सूर्यो छे.

૨૦૮. પાસેમાં પાસેનો તારો જે સૂર્ય તેમાંથી આપણને પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા મળેછે તેને છોડીને હવે આપણે વધારે દૂર રહેલા તારાઓ વિષે વિચાર કરીએ. અતિ પ્રકાશમાન સૂર્યના જેવા મહાન્ પદાર્થને છોડીને આકાશમાં પથરાયલાં પ્રકાશનાં જે

નાનાં ટપકાંની ઉષ્ણતા આપણને લાગતી નથી તેમને વિષે બોલુંછું તેથી તમને આશ્ચર્ય લાગશે નહિ, કારણ કે એ નાના ચકચકતા પદાર્થો સૂર્યો હોઇ તેમાંથી આપણા સૂર્યની પેઠે ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ આવેછે; ફેર એટલોજ છે કે તેઓ આપણાથી એટલે બધે અંતરે છે—છેક પાસેના તારામાંના કેટલાકનું અંતર સૂર્યના અંતર કરતાં પાંચ લાખથી વધારે ગણું છે,—કે તેમનું કદ બહુજ નાનું દેખાય છે; તથાપિ એમાંના ઘણાક તારા આપણા સૂર્યથી સેંકડો ગણા મોટા છે એવું માનવાને કારણ છે.

§ ૨.—તારાનું તેજ.

૨૦૯. આપણે રાત્રિયે તારાભણી નજર કરીએ છીએ તે વારે પ્રથમ તો તેમનું તેજ ઓછું વત્તું દૃષ્ટિએ પડેછે. તો શું કેટલાક તારા બીજા કરતાં નાના છે અથવા અતિ તેજસ્વી તારા આપણી છેક પાસે છે? આ પ્રશ્નનો બરાબર ઉત્તર દેવો કઠણ છે, કારણ કે કેટલાક પ્રકાશમાન તારા આપણી છેક પાસે છે અને કેટલાક નાના તારા તેટલાજ થડમાં છે, તેથી આકાર અને અંતર બંનેનો વિચાર કરવો જોઇએ.

૨૧૦. તારાના તેજ પ્રમાણે તેમના વર્ગ પાડ્યા છે. વધારેમાં વધારે ચળકતો તારો પહેલા વર્ગનો કહેવાય છે; તેનાથી ઉતરતો બીજા વર્ગનો કહેવાય છે; એમ પંદર અને સોળ લગી વર્ગ પાડ્યાછે. એ વર્ગના તારા ઘણીજ શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી જોઇ શકાય છે. અંધારી રાતે છેક ઝાંખો તારો દેખાયછે તે લગભગ છઠ્ઠા વર્ગનો છે. ઉપર જે મેં કહ્યું તે પરથી તમારે એમ ન ધારવું કે વર્ગ પરથી તારાનું વાસ્તવિક કદ જણાયછે, કારણ કે મોટો તારો ઘણો દૂર હોય અને તેથી પ્રકાશ પ્રમાણે તેને આપણી થડમાંના નાના તારાના વર્ગમાં મૂકાય.

૨૧૧. પહેલાથી છઠ્ઠા વર્ગ સૂધીના શુમારે ૩,૦૦૦ તારા નરી

આંખે દેખાય છે, અને મોટા દૂરબીનમાંથી બે કરોડથી વધારે તારા દૃષ્ટિએ પડેછે.

૨૧૨. વળી વાદળાં વગરની અંધારી રાત્રે ઝાંખા તેજની પટી ક્ષિતિજની એક બાજૂએથી આપણા માથાપર થઈ બીજી બાજૂએ પ્રસરેલી તમારા જોવામાં આવી હશે. આ પટીને आकाशगंगा કહેછે. આ પટીમાં નાના નાના અસંખ્ય તારા હોઈ તેઓ એક એકની એટલા તો થડમાં દેખાય છે કે તેમનો તેજોમય સમુદાય બનેછે; અને દૂરબીનમાંથી દેખાતા બે કરોડ તારામાંના એક કરોડ એંશી લાખ તારા ઘણું કરીને આકાશગંગામાં છે. એ તારા એકએકની થડમાં દેખાયછે તેટલા તેઓ વસ્તુતઃ થડમાં નથી, પરંતુ દૃષ્ટિની લગભગ એકજ લીટીમાં આવે તથા આપણા સૂર્યથી છેક પાસેના તારાસૂધી જેટલું અંતર છે તેટલેજ અંતરે એક એકથી રહે એવી રીતે તેઓ બહુધા એકની પાછળ એક રહેલા છે તે પ્રમાણે માત્ર રહેલા ધારીએ તો આ દેખાવ પરથી આપણું બ્રહ્માંડ કેવડું મોટું છે તેનો કાંઈક વિચાર આપણા મનમાં આવશે.

૨૧૩. સઘળાં ઝાડ સરખે અંતરે હોય એવી ઝાડી ધારી તમે તે ઝાડીની એક બાજૂની થડમાં ઊભા રહીને જોશો તો તે ઝાડ બીજી બાજૂએ એક એકની છેક થડમાં દેખાશે. આકાશગંગામાં તારા એજ પ્રમાણે રહેલા છે; દૃષ્ટિની લીટીમાં વધારેમાં વધારે તારા હોયછે.

૨૧૪. તારાના રંગ ભિન્ન ભિન્ન હોયછે, કેટલાક ધોળા, કેટલાક નારંગીઆ, કેટલાક રાતા, કેટલાક લીલા, અને કેટલાક આસમાની હોયછે. ઉદાહરણ, લુબ્ધક તારો ધોળો છે, સ્વાતિ નક્ષત્ર પીળું છે, આર્દ્રા નક્ષત્ર રાતું છે, પરંતુ એ રંગ નરી આંખ કરતાં દૂરબીનમાંથી વધારે સ્પષ્ટ દેખાય છે.

§ ૩.—નક્ષત્રો.

૨૧૫. જ્યારથી આપણને ઐતિહાસિક જ્ઞાન મળ્યુંછે ત્યા-

રથીજ તારાઓના નક્ષત્રોમાં સમુદાય પાડી પ્રત્યેક સમુદાયને તેમાંના તારાઓને જોશીઓએ જે પ્રાણી અથવા પદાર્થના જેવા ધાર્યા હતા તેનું કલ્પિત નામ આપ્યું છે. સૂર્ય પ્રતિ વર્ષે રાશિ-નક્ષત્રોમાં થઈને જાયછે તેઓ પૃથ્વીના ઉત્તર અને દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં દેખાય છે. એ રાશિ નક્ષત્રો मेष, वृषभ, मिथुन, कर्क, सिंह, कन्या, तुला, वृश्चिक, धन, मकर, कुंभ અને मीन છે. એ રાશિઓનો ક્રમ નીચલી ગીતિ પરથી તમને બરાબર યાદ રહેશેઃ—

गीति.

ઉત્તરની રાશીઓ, મેષ વૃષભ ને મિથુન હું જાણું,
કર્ક સિંહ વળિ કન્યા, સર્વેમાં ગતિ કરે સદા ભાનૂ. ૧
તુળા, વૃશ્ચિક, ધન, મકર કુંભ, મીન એ અનુક્રમે ભણિયે,
દક્ષિણની રાશીઓ, દ્વાદશ સર્વે મળી નક્કી ગણિયે. ૨

એ સિવાય હિંદુ જોશીઓ બાર રાશિની થડમાંજ વિષુવ-વૃત્તની દક્ષિણે અને ઉત્તરે ૨૭ કે ૨૮ પૃથક્ તારાસમુદાય છે તેમને નક્ષત્ર કહેછે. ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાંની રાશિઓની સમીપ ૧૩ નક્ષત્રો છે તેમનાં નામ હેઠળ આપ્યાં છે, અને તેઓ કેવાં દેખાય છે તે પણ બતાવ્યું છેઃ—

हिंदु नाम.	कोनाजेवो आकार.
१. अश्विनी.	घोडानुं म्हो.
२. भरणी	योनि.
३. कृत्तिका.	अस्तरो.
४. रोहिणी.	गाडुं.
५. मृग.	हरणनुं म्हो.
६. आर्द्रा.	माणेक.
७. पुनर्वसु.	घर.
८. पुष्य.	बाण.

हिंदु नाम.	कोनाजेवो आकार.
९. अश्लेषा.	चक्र.
१०. मघा.	शाळागृह.
११. पूर्वा.	खाटलो.
१२. उत्तरा.	पथारी.
१३. हस्त.	हाथ.

વિષુવવૃત્તની દક્ષિણનાં નક્ષત્રોનાં નામ.—

१४. चित्रा.	मोती.
१५. स्वाति.	परवाळुं.
१६. विशाखा.	तोरण.
१७. अनुराधा.	पूजानुं नैवेद्य.
१८. ज्येष्ठा.	कुंडळ.
१९. मूळ.	सिंहनी पूछडी.
२०. पूर्वाषाढा.	शय्या.
२१. उत्तराषाढा.	हाथी.
२२. अभिजित.	त्रिकोण.
२३. श्रवण.	तिरपाई.
२४. धनिष्ठा.	मृदंग.
२५. शततारका.	वर्तुल.
२६. पूर्वाभाद्रपदा.	जोडवुं.
२७. उत्तराभाद्रपदा.	नानी शय्या.
२८. रेवती.	नगारुं.

૨૧૬. ઉત્તર ગોળાર્દ્ધમાં રાશિનક્ષત્રોની ઉપલીમેર જે નક્ષત્રો દેખાયછે તેમને उत्तर नक्षत्रो કહેછે; તેઓ નીચે પ્રમાણે છેઃ—

હિંદુ નામ.	ઇંગ્રેજી નામ.	કોનાજેવો આકાર.
*સપ્તઋષિ કે ચિત્રશિખંડી, કે બૃહદૃક્ષ.	ઉર્સામેજર.	મોટું રીંછ (હળ).
લઘુઋક્ષ.	ઉર્સામૈનર.	નાનું રીંછ.
કાલીય.	ડ્રેકો.	નાગ.
વૃષપર્વા.	સીફીયસ.	રાજા.
ભૂતપ.	બૂટીસ.	ભરવાડ.
ઉત્તરમુકુટ.	કોરોના બોરીઆલિસ.	ઉત્તરનો મુગટ.
શૌરિ.	હર્ક્યુલીસ.	પહેલવાન.
* સ્વરમંડળ.	લાઇરા.	સારંગી.
હંસ.	સિગ્નસ.	હંસ.
* શર્મિષ્ઠા.	કાસ્સિઓપીઆ.	ખુરશી.
યયાતિ.	પર્સીયસ.	પુરુષ.
સારથિ.	ઓરિગા.	રાવત.
ભુજંગધારી.	સર્પેન્ટેરિયસ.	સાપ ધારણ કરનાર.
સર્પ.	સર્પેન્સ.	સાપ.
શર.	સજિટ્ટા.	બાણ.
* ગરુડઅનેશારંગપાણિ.	આક્વિલ્લા અને ડેલ્ફિનસ.	ગરુડ અને શિશુપાળ.
અશ્વમુખ.	એક્યુલીયસ.	ઘોડાનું મ્હોં.
ઉચ્ચૈ:શ્રવા.	પેગાસસ.	પાંખાળો ઘોડો.
દેવયાની.	એન્ડ્રોમીડા.	સ્ત્રી.
	ટ્રાયાંગ્યુલમ (ત્રિકોણ).	
કરભ.	કામલોપાર્ડાલિસ.	જિરાફ.
મૃગયાકુક્કુર.	કેનીસ વેનાટિસિ.	શિકારી કૂતરા.
જંબૂક.	વલપીક્યુલાએટ્આન્સર.	શિયાળ.
	કોર કારોલિ (ચાર્લ્સનું હૃદય).	

૨૧૭. દક્ષિણ ગોળાર્દ્ધમાં રાશિ નક્ષત્રોની ઉપલીમેર જે નક્ષત્રો દેખાય છે તેમને દક્ષિણ નક્ષત્રો કહેછે. તેઓ નીચે પ્રમાણે છેઃ—

हिंदु नाम.	इंग्रेजी नाम.	कोनाजेवो आकार.
तिमिङ्गिल.	सीटस.	मगर.
	ओरियन.	
यमुनानदी.	एरिडेनस.	नदी.
शशर्क.	लीपस.	ससलुं.
* बृहल्लुब्धक.	केनिस मेजर.	मोटो कूतरो.
* लघुलुब्धक.	केनिस मैनर.	नानो कूतरो.
नौका	आर्गोनेविस.	वहाण.
वासुकी.	हैड्रा.	मोटो नाग.
चषक.	क्रेटर.	प्यालो.
ध्वांक्ष.	कोर्वस	कागडो.
नरतुरंग.	सेन्टारस.	अडधो माणस अने [अडधो घोडो.
वृक.	लूपस.	वरु.
	आरा.	
दक्षिणमुकुट.	कोरोना ओस्ट्रालिस.	दक्षिणनो मुगट.
दक्षिणमत्स्य.	पिस्सिस ओस्ट्रालिस.	दक्षिणनुं माछलुं.
शृंगाश्व.	मोनोसीरोस.	गेंडो.
पारावत.	कोलंबा नोआकि.	कबूतर.
स्वस्तिक.	क्रक्स ओस्ट्रालिस.	साथियो.

૨૧૮. ભિન્ન ભિન્ન નક્ષત્રો અને તારાનાં સ્થળ જાણવાને તમારી કને તારાનો નકશો જોઈશે અને વળી કેટલાંક મુખ્ય નક્ષત્રોનાં સ્થળ બતાવવાને કોઈ મિત્રનો ખપ પડશે. ઉપલી યાદીમાં કેટલાંક મુખ્ય નક્ષત્રોપર મેં ફૂલ મૂક્યાંછે.

૨૧૯. પ્રત્યેક નક્ષત્રમાંના તારાને અમુક અક્ષરથી ઓળખવામાં આવેછે. અતિ તેજસ્વી તારાને A તારો કહેછે ; તે-

નાથી ઉતરતા તેજવાળા તારાને B તારો કહેછે, અને એમ મૂળાક્ષરના બધા અક્ષર પૂરા થાયછે એટલે તેપર ૧, ૨, ૩, ઈત્યાદિ સંખ્યા માંડેછે; એ પરથી સ્વરમંડળ નક્ષત્રમાંના અતિતેજસ્વી તારાને A સ્વર મંડળ તારો કહી શકાય, અ-થવા હંસ નક્ષત્રામાંના બીજા અતિ તેજસ્વી તારાને B હંસ, ૬૧ હંસ, ઈત્યાદિ કહી શકાય. એમ પ્રત્યેક તારાનું નામ પાડી શકાય. આ નામો ઉપરાંત મુખ્ય તારાઓનાં બીજાં નામ હોય-છે; ઉદાહરણ, બૃહલ્લુબ્ધક સમુદાયમાંના A તારાને લુબ્ધક, ભૂતપ (બૂટીસ) સમુદાયમાંના A તારાને સ્વાતિ, નૌકા સ-મુદાયમાંના મુખ્ય તારાને અગસ્ત્ય, ઈત્યાદિ પણ કહેછે.

§ ૪.—તારાઓની દેખાઈતી ગતિઓ.

૨૨૦.પૃથ્વીના વર્ણનમાં આપણે કહ્યું કે પૃથ્વી ગતિમાન નિરીક્ષા સ્થળ માત્ર છે અને તેથી જે પદાર્થ પર આપણે વશીએ છીએ તેની વાસ્તવિક ગતિથી બહારના પદાર્થોની વાસ્તવિક ગતિને ઓળખવી જોઈએ. હવે એ બાબત વિષે ફરી વિચાર કરીએ; આપણે દરિયામાના નાવ જોડે પૃથ્વીનો મુકાબલો કરીએ; તમે નાવમાં બેઠાછો એમ ધારો; તમારૂં નાવ એકાએક ફરે અને તે ચાલેછે એવી તમને ખબર ન હોય તો તમારા મ્હો આગળનાં વહાણ ઉલટી દિશામાં જતાં દેખાશે, પરંતુ નજર આગળનાં સઘળાં વહાણનાં સ્થળ એક એકનાં સંબંધમાં સરખાં રહે એવી રીતે સમાન વેગે ફરે એ ઘણું અસંભવિત લાગશે, માટે તે વહાણ ચાલતાં નથી, પણ ત-મારૂંજ નાવ ચાલેછે એવું તમારા લક્ષમાં ઝટ આવશે. એજ પ્રમાણે પૃથ્વી ફરેછે, તારા ફરતા નથી, તેથી તારાઓની દૈનિક ગતિ માત્ર દેખાઈતી છે.

૨૨૧. હવે એ નાવને વહાણની આસપાસ હલેસાં મારીને હંકારીએ. એ વહાણ અને આધેનાં વહાણોનાં સાપેક્ષ સ્થળ બદલાયછે, અને તે વહાણ તમારા નાવની અને બીજાં વહા-

ણોની વચ્ચે વારાફરતી આવી તમારા નાવની આસપાસ ફ-રતું દેખાય છે. તમારૂં નાવ સ્થિર હોઈ આઘેનાં વહાણ તેની આસપાસ ફરે તોએ એજ પ્રમાણે દેખાય, પરંતુ તમારૂંજ નાવ ગતિમાં છે એવું તમને તુરત સમજાશે. એજ પ્રમાણે પૃથ્વી વરસમાં એકવાર સૂર્યની આસપાસ ફરેછે, તેથી સૂર્ય એક પછી એક તારાઓ પર થઈને જતો દેખાયછે. જે તારા ઉનાળામાં સૂર્યની જોડે એક લીટીમાં હોયછે તે શિયાળામાં તેની સામે હોયછે.

૨૨૨. ખગોળવિદ્યાની શરૂઆતમાં તારાની આ બે ગતિઓ માત્ર જાણવામાં હતી અને તારાઓ વસ્તુતઃ સ્થિર છે કે નહિ તે નક્કી કરવાને થોડાં વર્ષ કેડે તારાઓ જોડે મુકાબલો કરવા સારૂ તારાના નકશા બનાવ્યા હતા અને એ રીતે મુકાબલા કરી જોયા તે પરથી તેમનાં સ્થળ બદલાયલાં જણાયાં નહિ, તેથી તારાઓ સ્થિર છે, એવો પ્રાચીન કાળના લોકે નિર્ણય કર્યો. એપરથી "સ્થિર તારો" એવું નામ પડ્યુંછે, પરંતુ ન-કશામાં ખામી હોવાથી એ નિર્ણય ભૂલ ભરેલો હતો એવું આપણા જોવામાં આવશે.

૨૨૩. કેટલેક વરસે તારાઓનાં સ્થળ નક્કી કરવાની વધારે સારી રીત ખોળી કહાડવામાં આવી તેવારે તુરત સિદ્ધ થયું કે તારાઓનાં સ્થળ સદા તેનાં તેજ રહેતાં નથી, અને એમ થવાનું કારણ એ છે કે જેમ ફરતા ભમરડાની ગતિ બંધ પડી ભોંયપર પડયા પહેલાં તે ઝોલા ખાયછે તેમ પૃથ્વીના ધ્રુવ જે દિશામાં વળેલા હોયછે તે દિશા બદલાઈ જુદી દિશાભણી વળેછે; અને એ પ્રમાણે પૃથ્વીની ધરીના સ્થળપર તેમનાં સ્થળનો આધાર હોવાથી તેઓ નિરંતર બદલાતા દૃષ્ટિએ પડેછે. એ કારણથી તારાનાં સ્થળમાં બીજો દેખાઈતો ફેર-ફાર સિદ્ધ થાયછે અને આ દેખાઈતી ગતિને લીધે विषुवायन થાયછે.

૨૨૪. હવે ખગોળવેત્તાઓને આ અને બીજી ગતિઓની

ખબર છે તેથી તારાનાં સ્થળમાં નિરંતર ફેરફાર થયેલો જોવાની તેઓ વકી રાખેછે, અને તેની તેઓ અગાઉથી ગણતરી કરી શકેછે, પરંતુ તારાઓનાં સ્થળ, જણાયલી તમામ દશ્ય ગતિઓ લક્ષમાં લીધા છતાં ગણિતથી શોધી કહાડેલાં સ્થળ જોકે કેટલાંક વર્ષ વીત્યા કેડે મળતાં ન આવે તો લક્ષમાં આવેલી નહિ એવી પૃથ્વીની અથવા તારાની કોઈ ગતિ હોવી જોઈએ. પરંતુ એ વિષે વધારે વિચાર ન કરતાં આપણે ફરીને નાવ અને વહાણ લેઈએ.

૨૨૫. તમે જે નાવમાં બેઠાછો તે નાવને અને વહાણને ગમે તે દિશામાં હંકારો. તમારી બંને બાજુનાં વહાણોમાં શો ફેરફાર દૃષ્ટિએ પડશે? તેઓ ઉલટી દિશામાં જતાં દેખાશે; તમે જે વહાણોની નજીક જતાઓછો તેઓ એક એકથી દૂર જતાં દેખાશે અને તમારી પાછળ રહેલાં વહાણ એક એકની થડમાં આવતાં જણાશે, પરંતુ તમારૂં નાવ ચાલેછે તેમ બધાં વહાણ ચાલતાં હશે, કેટલાંક એક દિશામાં અને કેટલાંક બીજી દિશામાં જતાં હશે, તેથી તેઓ આપણી કલ્પના પ્રમાણે નિયમસર ચાલતાં નહિ હોય; પરંતુ આપણી નજરે અનેક વહાણ દેખાતાં હોય તો તેઓ કાંઈક અંશે આપણી કલ્પના પ્રમાણે ચાલતાં દેખાય. તેમની વાસ્તવિક ગતિ કોઈવાર તેમની દશ્ય ગતિને સમતોલ રાખેછે, અને કોઈવાર તેમની બંને ગતિઓ એક એકમાં ઉમેરાશે, તેથી તમે તમારી ગતિનો વિચાર કરી શકશો.

૨૨૬. તારાઓની સ્થિતિ એજ પ્રમાણે છે; એવું જણાયું છે કે વહાણોની પેઠે જે દિશામાં ઘણાક તારા એક એકથી દૂર જતા દેખાય છે તે દિશામાં કેટલાક તારા પાસે પાસે આવતા ભાસેછે અને જે દિશામાં ઘણાક તારા પાસે પાસે આવતા ભાસેછે તે દિશામાં કેટલાક તારા દૂર જતા દેખાય છે, તથાપિ એક દિશામાં મળી જવાનું અને સામેની દિશામાં દૂર જવાનું તારાઓનું વળણ હોયછે; પરંતુ ઘણાક તારાઓની ગતિની

નિરીક્ષા કર્યાથી એવું સિદ્ધ થયું છે કે સૂર્ય અને તેની જોડે સર્વે ગ્રહો શૈારિ નક્ષત્રમાંના એક બિંદુ ભણી એક સરખા જાયછે.

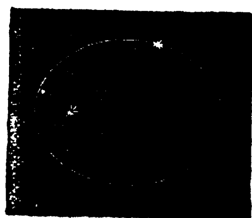
§ ૫.—તારાઓની વાસ્તવિક ગતિઓ.

૨૨૭. તમારા નાવની ગતિની કલ્પના પરથી બીજાં વહાણો ગતિમાં છે કે નહિ તે તમે જાણતા નથી તેવાં વહાણોમાં કોઈ વહાણને તમે ફરતું દેખો તો તે વહાણને પોતાની વાસ્તવિક ગતિ છે એવી તમે સહજ કલ્પના કરશો. એજ પ્રમાણે એક તારો બીજા તારાઓમાં ફરતો નજરે પડેછે ત્યારે તેને પોતાની વાસ્તવિક ગતિ છે એવું આપણે બેધડક કહી શકીએ છીએ; અને સેંકડો વર્ષ લગી સંભાળથી નિરીક્ષા કર્યાથી સિદ્ધ થયું છે કે ઘણાક તારાઓને પોતાની વાસ્તવિક ગતિ છે. ઉદાહરણ, પૃથ્વી જેટલા વેગથી સૂર્યની આસપાસ પોતાની કક્ષામાં ફરેછે તેનાથી લગભગ ત્રણ ગણે વેગે સ્વાતિ નક્ષત્ર એક સેકંડમાં છપ્પન મૈલ ફરેછે. યાંત્રિક કારણો પરથી સંભવિત છે કે સઘળા તારાને ગતિ છે.

§ ૬.—માંહો માંહે ફરનારા તારા.

૨૨૮. તારાઓને વાસ્તવિક ગતિ છે એટલુંજ નહિ, પણ કેટલાક તારા એક બીજાની આસપાસ ફરેછે. ૪૩ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે બે અથવા વધારે તારા એક એકની આસપાસ ફરેછે તે પ્રમાણે તેમને બેવડા, તેવડા, ચોવડા તારા કહેછે.

૨૨૯. એ તારાઓની અંગરચનાનો પરસ્પર સંબંધ છે અને તેઓ એટલા તો થડમાં છે કે જેમ પૃથ્વી સૂર્યની આસપાસ ફરેછે તેમ એક તારો બીજા તારાની આસપાસ ફરેછે. પરંતુ એક ફેરો એક વરસમાં પૂરો ન થતાં બેવડા તારાનો ભ્રમણકાળ ટૂંકામાં ટૂંકો છત્રીસ વર્ષ છે એવું જાણવામાં આવ્યું છે. અદ્યાપિ લગી એવા તારાના સમુદાય ૮૦૦ શોધી કહાડ્યા છે.



ચિત્ર ૪૩ મું.—બેવડા તારાની કક્ષા.

૨૩૦. એ તારા આપણાથી એટલે બધે અંતરે છે કે તેમની આસપાસ ગ્રહો ફરતા હોત તો વિશેષ શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી પણ તેઓ દેખાત નહિ. પરંતુ એવું સંભવેછે કે પ્રત્યેક તારો ગ્રહમંડળનું મધ્ય બિંદુ છે; માટે જે બેવડા તારા એક એકની ઘણાજ થડમાં છે તેઓમાંના પ્રત્યેક તારાના ગ્રહોપર બીજા તારામાંથી ઘણોજ પ્રકાશ પડે એટલા તેઓ તેની થડમાં હોવા જોઇએ; વસ્તુતઃ એ ગ્રહોને બે સૂર્ય હશે અને કેટલાકને ભિન્ન ભિન્ન રંગનો પ્રકાશ આપનારા સૂર્યો હશે.

§ ૭.—તારાનાં ઝૂમખાં અને મેઘના જેવા તારા—સમુદાય.

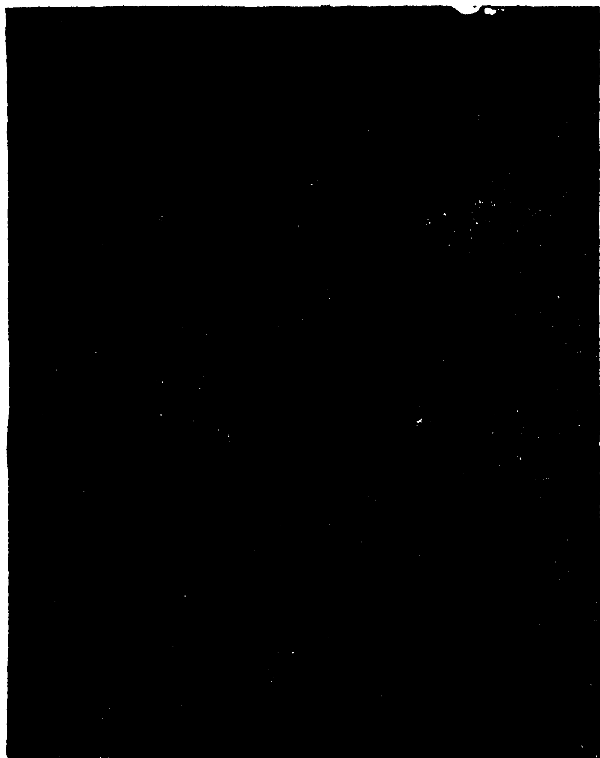
૨૩૧. જે છૂટા છૂટા તારાઓ વિષે આપણે પાછળ કહી ગયા તે ઉપરાંત આકાશમાં આકાશગંગાના નાના ખંડના જેવી ધોળી પટીઓ છે તેમાંની કેટલીક નરી આંખે દેખાય છે. દૂરબીનમાંથી જોતાં એમાંની કેટલીક પટીઓ નાના તારાઓનાં એક એકની ઘણાજ થડમાં આવેલાં ઝુમખાં હોય એવી દેખાયછે; કેટલીક પટીઓમાંના છૂટા તારા ઓછી શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી દેખાયછે અને કેટલાક વધારેમાં વધારે શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી માત્ર દૃષ્ટિએ પડેછે. જે પટીઓમાંના તારા સહજ નજરે પડેછે તેમને તારાનાં ઝૂમખાં કહેછે અને

ઘણીજ શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી જોતાં જે તારાઓની રચના વાદળાંના જેવી દેખાયછે તેમને મેઘમય તારાસમુદાય (નેબ્યુલા) કહેછે.



ચિત્ર ૪૪ મું.–શૌરિ નક્ષત્રમાંના તારાનાં ઝૂમખાં.

૨૩૨. એ કારણથી આ પદાર્થોના ત્રણ વર્ગ પાડીએ; (૧) તારાનાં ઝૂમખાં; એમાં છૂટા તારા હળવે હળવે (૨) મેઘમય પૃથક્કરણીય તારા સમુદાય અને (૩) મેઘમય અપૃથક્કરણીય તારાસમુદાયમાં લોપ થઈ જતા સહજ દૃષ્ટિએ પડેછે. પ્રકાશવેધકયંત્ર વડે સિદ્ધ થયું છે કે કેટલાક મેઘના જેવા અપૃથક્કરણીય તારાસમુદાય તારાઓથી અથવા તારાઓના જથાથી જુદા પ્રકારના છે અને તેથી આ બાબતમાં તેઓ તારાનાં ઝુમખાંથી ભિન્ન છે.



ચિત્ર ૪૫ મું.—ઓરિયન નક્ષત્રમાંનો મેઘના જેવો તારાસમુદાય.

૨૩૩. એટલુંજ બસ નથી; તારાઓ છૂટા પાડી શકાય એવા વાદળાંના જેવા સમુદાય અને જેમાં વાસ્તવિક તારા હોઈ શકેજ નહિ એવા વાદળાંના જેવા સમુદાય જોવામાં આવેછે એટલુંજ નહિ, પણ કેટલાક તારાને બારીકીથી નિહાળતાં તેમની આસપાસ એક પ્રકારનું ધુમસ વીંટલાયલું દેખાય છે. એ તારા વાસ્તવિક તારા નથી. એવા પદાર્થોને મેઘમય તારાઓ કહેછે.

૨૩૪. જુદી રીતે વિચાર કરતાં તારાનાં ઝૂમખાં અને મેઘમય તારાસમુદાયના બીજા બે વર્ગ કરી શકાય; ૪૪ મા અને ૪૫ મા ચિત્રમાં દર્શાવેલા તારાનાં ઝૂમખાં અને મેઘમય તારાસમુદાયની પેઠે જેઓના આકાર બહુ અનિયમિત છે તે અને વળી જેમના આકાર વર્તુલને વધારે મળતા આવેછે તે.

§ ૮.—તારા અને મેઘમય તારાસમુદાયનું સ્વરૂપ.

૨૩૫. મેં પાછળ કહ્યું છે કે તારાઓ દૂર રહેલા સૂર્યો છે, પરંતુ એપરથી તેઓ સર્વે સૂર્યના જેવાજ છે એમ તમારે ધારવું નહિ. ખરૂં જોતાં તેઓ સૂર્યના જેવા નથી તેનો આપણીકને પુરાવો છે. કેટલાક અતિ પ્રકાશમાન તારાઓનું વાતાવરણ સૂર્યના વાતાવરણથી વધારે અમિશ્ર છે, એટલે ૨૦૪ થી કલમમાં જે મૂળતત્વો કહ્યાંછે તે બધાં તેમાં નથી; અને જે તારા વધારે ઝાંખા છે, તેમાં વિશેષે કરીને જે તારાઓનો પ્રકાશ રતાશપડતો છે તે તારાઓ જાણે સૂર્યના કરતાં વધારે ઠંડા હોય (હું 'જાણે' બોલુંછું તે લક્ષમાં રાખજો) તેમ તેમનાં વાતાવરણનું લક્ષણ સૂર્યના વાતાવરણથી ભિન્ન દેખાય છે.

૨૩૬. મેઘમય તારાસમુદાયમાં અને તારાઓમાં ઘણો ફેર દેખાય છે, તથાપિ તેઓની વચ્ચે ઘણો નિકટનો સંબંધ છે એવું સંભવેછે, કારણ કે મેઘમય તારાસમુદાય જે પદાર્થોના બન્યાછે તે પદાર્થો એકઠા મળવાથી તારાઓ બન્યાછે અને એ ક્રિયા ચાલતી વેળા ગ્રહો બન્યાછે એવી કલ્પના કરવામાં આવીછે. મેઘમય તારાસમુદાય સતેજ વાયુનો જથો છે કે પથરાનો જથો હોઈ પરસ્પર અફળાય છે અને તેથી પ્રકાશિત દેખાય છે તેની આપણને ખબર નથી, પરંતુ પાછલી ધારણા વધારે સંભવિત છે.

૨૩૭. જે ધારણાને લીધે તારા અને ગ્રહો જોડે મેઘમય તારાસમુદાયનો સંબંધ જણાયછે તે ધારણા એવી છે કે મેઘમય તારાસમુદાય પ્રથમ સ્થિતિમાં નિરંતર નાનો અને ગોળ થતો જાયછે અને એ વેળા તે, વધારે ઉષ્ણ થઈ મેઘમય તારો દે-

ખાય એટલો નાનો અને ગોળ થયા કેડે પણ તે સંકોચાતો જઈ તેના વિષુવવૃત્તની આસપાસ શનિની મેખળા (કલમ ૭૦) ના જેવી વાયુની મેખળાઓ પાછળ રહેછે. એ મેખળાઓ છેવટે તૂટીને વાયુનો ગોળ જથો બનેછે તેનો આખરે ગ્રહ બને-છે. એ સઘળો કાળ તેનો મધ્યભાગ વધારે ઘટ્ટ અને ઉષ્ણ થતો જાયછે અને સંકોચનનું પ્રમાણ ઓછું ઓછું થઈ વાસ્તવિક સૂર્ય-ના જેવો તે પ્રકાશેછે અને તેણે જે ગ્રહો પ્રથમ ઉત્પન્ન કર્યા અને જે હમણા શીતળ અને વસવા જેવા થયા છે તે ગ્રહોને ઉ-ષ્ણુતા અને પ્રકાશ આપેછે. એમ તેનો પ્રકાશ પહેલે તો ચ-ળકતા તારાના જેવો હોયછે અને પછી ઝાંખો અને કદા-ચિત્ લાલ થઈ છેક હોલવાઈ જાયછે; તેની એવી સ્થિતિ થવી-જ જોઈએ, કારણ કે હરકોઈ રજકણસમૂહ ચૂલામાંનો કોયલો હોય અથવા આકાશમાંનો તારો હોય, તથાપિ કાળે કરીને તેનાં પ્રકાશ અને ઉષ્ણુતા જતાં રહેવાં જોઈએ એ તમારે ભૂલવું નહિ.

૯.—આકાશી પદાર્થોનાં સ્થળ શી રીતે નક્કી થાયછે તથા તેમનો શો ઉપયોગ થાયછે તે વિષે.

§ ૧.—ઉપસંહાર.—તારાના નકશા.

૨૩૮. હું હવે મારા વિષયના જુદા ભાગનું વર્ણન કરૂંછું. પૃથ્વી, ચંદ્ર, અને ગ્રહો, અને ત્યાર કેડે તારાઓની વાસ્ત-વિક ગતિઓનું, તથા પૃથ્વીની વાસ્તવીક ગતિને લીધે દે-ખાઈતી ગતિઓ ઉત્પન્ન થાયછે તેમનું વર્ણન આપણે પા-છળ વાંચી ગયા. આપણે તારાસમૂહો, સૂર્યો અને ગ્રહોનાં સ્વરૂપ વર્ણવ્યાં અને એ રીતે બ્રહ્માંડમાં પૃથ્વીના વા-સ્તવિક સ્થળનો આપણા મનમાં કાંઈક આભાસ થયો—પૃ-થ્વી શીતળ હોઈ શીતળ પડતા તારાની એટલે સૂર્યની આસ-પાસ કેવી રીતે ફરેછે, અને એ ગ્રહ તથા તારો એટલે પૃથ્વી અને સૂર્ય એકાદ તારાસમૂહના ઘટ્ટ અને તે માટે ઉષ્ણ થવાથી સોવસા ઉત્પન્ન થયા છે તે આપણે જાણ્યું.

૨૩૯. તારામય આકાશનો પણ તમારા મનમાં આભાસ થયો; કહેવાતા સ્થિર તારાએના તેમના તેજ પ્રમાણે નક્ષત્રોમાં કેવી રીતે વર્ગ પાડ્યાછે અને તેમનાપર અક્ષર અથવા આંકડા માંડયા છે; અને દિવસે સૂર્ય તથા રાતે ચંદ્ર અને ગ્રહો પરિપૂર્ણ ક્રમ અને નિયમ પ્રમાણે તારાઓમાં કેવી રીતે પોતાનાં સ્થળ નિરંતર બદલેછે તેનો આભાસ થયો.

૨૪૦. તારાઓ માત્ર પદાર્થો હોઈ તેમનાં સ્થળ નકશામાં માંડવાનાં છે એવું ધારી તારામય ઘૂમટ પ્રત્યે હવે તમારૂં લક્ષ લગાડવાનું છે; અને તારાઓનાં સ્થળ નક્કી કરી તેમનો શો ઉપયોગ કરવામાં આવેછે તે મારે પ્રથમ તમને બતાવવું છે.

૨૪૧. તમે હોશિયાર હશો તો તારાઓનાં સ્થળોનો રૂપરેખા નકશો કહાડી શકશો, પરંતુ જ્યોતિઃશાસ્ત્રના કાર્યને અર્થે એવા નકશાપરથી તારાઓનાં સ્થળ જેટલી ચોકસાઈથી જાણી શકાય તેનાથી વધારે ચોકસાઈથી જાણવાં જોઈએ, અને એવા નકશા અતિ શુદ્ધ હોય તોએ અમુક તારો અમુક જાણીતા તારાની દક્ષિણે અથવા નીચલીમેર છે અને બીજા તારાની ડાબી બાજુએ કે પશ્ચિમે છે એવું કહેવાથી બહુ કડાકૂટ પડશે; એ કારણથી તેમનાં સ્થળ નક્કી કરવાની બીજી રીત જોશીઓએ શોધી કહાડી છે.

§ २.—ध्रुवांतर.

૨૪૨. પૃથ્વીના મધ્યબિંદુમાંના તેજને લીધે પૃથ્વીના ધ્રુવ અને વિષુવવૃત્તની છાયા જે કલ્પિત પોલા ગોળા (એને आकाशी गोळ કહેછે) માં તારા અચળ દેખાયછે તે ગોળાપર પડે તેવી રીતે પૃથ્વીના ધ્રુવ અને વિષુવવૃત્ત તારાઓ લગી પહોચેછે એવી આપણે કલ્પના કરીએછીએ. એમ પૃથ્વીના વિષુવવૃત્તની છાયા आकाशी विषुववृत्त બનેછે, અને ધ્રુવની છાયાથી એ વિષુવવૃત્તની ઉત્તર અથવા દક્ષિણે અંશમાં અંતર કહાડીએ છીએ. આ અંતરને ધ્રુવાંતર કહેછે.

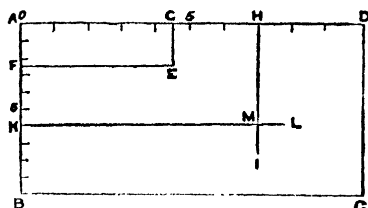
૨૪૩. એમ અમુક તારો અથવા આકાશનો અમુક ભાગ

બરાબર ધ્રુવ આગળ છે એવું આપણે કહી શકીએ છીએ, કારણ કે તેને ગતિ નથી. નારંગી લેઈ તેના દરેક ધ્રુવમાં એકેકી ટાંકણી ઘોંચો; નારંગીને ગોળ ફેરવશો તો એ ટાંકણીની દિશા તેની તેજ રહેશે. એમ આ ધ્રુવાંતર ૦ થશે. હવે વર્તુલ માંડેલાં દૂરબીનની મદદથી આ સ્થળ આકાશમાં ખોળી કહાડી શકીએ અને દૂરબીનને એ સ્થળથી ૧° ખસેડી (એમ દૂરબીનપર માંડેલા નાના ગોળ વડે તેને સહજ ખસેડી શકાય, કારણ કે મોટાં કે નાનાં તમામ વર્તુલના ૩૬૦ માં ભાગ કર્યાછે તે તમે ૧૨૬ મી કલમમાં વાંચી ગયા) જે તારાઓનું ધ્રુવથી અંતર ૧° હોય તેમનાં સ્થળ નક્કી કરી શકીએ; પછી ૨૦°, ૩૦°, ઈત્યાદિ ૯૦° સૂધી અંતરે રહેલા તારાઓનાં સ્થળ કહાડી શકાય. ૯૦° એ આકાશી વિષુવવૃત્તનું એટલે જેમ પૃથ્વીનો વિષુવવૃત્ત ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવની બરાબર મધ્ય ભાગે છે તેમ. આકાશમાંની જે લીટી ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવની બરાબર મધ્ય ભાગે છે તે લીટીનું સ્થળ દર્શાવેછે.

§ ૩.—સ્થળ નક્કી કરવાને ધ્રુવાંતર બસ નથી.

૨૪૪. માટે એ રીતે આપણે સર્વે તારાનું ધ્રુવાંતર નક્કી કરી શકીએ; પરંતુ તમારા જોવામાં સહજ આવશે કે અનેક તારાઓનું ધ્રુવાંતર સરખું હોય, કારણ કે એક ટાંકણી વડે દર્શાવેલા નારંગીના ધ્રુવથી બધી ટાંકણીઓ સરખે અંતરે રહે એવી રીતે ટાંકણીની હારની હાર ઘોંચી શકાય.

૨૪૫. માટે એમને હરકોઈ પ્રકારે ઓળખવાની જરૂર છે. તારાનું સ્થળ નક્કી કરવું એ પ્રશ્ન તમારે ભૂલવો નહિ. હવે કાગળના કડકાપર માંડેલા બિંદુનું સ્થળ શી રીતે નક્કી કરાય તે આપણે જોઈએ. A B C D કાગળનો તાવ (ચિત્ર ૪૬ મું) લેઈ તેપર E બિંદુએ ટાંકણી ઘોંચો અથવા ટપકું કરો. હવે એનું સ્થળ શી રીતે કહી શકાય તે જોઈએ; A D બાજૂના



ચિત્ર ૪૬ મું.—હર કોઈ વસ્તુનું સ્થળ શી રીતે નક્કી કરવું.

દશ સમાન ભાગ કરો અને A B બાજૂના પણ તેટલાજ ભાગ કરો; પછી E G અને E F ને જોડી દેશો તો તમારા જોવામાં આવશે કે E બિંદુ A B લીટીથી A D લીટીમાં કરેલા ૪½ ખંડ આગળ અને A D લીટીથી A B લીટીમાં કરેલા ૨½ ખંડ આગળ છે, તેથી કાગળની કોરના સંબંધમાં E બિંદુનું સ્થળ સહજ નક્કી કરી શકાય. તેમજ A B થી ૭મા ખંડમાં અને A D થી ૬ ઠ્ઠા ખંડમાં એકેકું ટપકું મૂકવાનું તમને કહે તો તમે A D લીટીમાંના ૭ મા ખંડમાંથી H I લીટી અને A B લીટીમાંના ૬ ઠ્ઠા ખંડમાંથી K L લીટી દોરશો, એટલે જે M બિંદુમાં તેઓ એક એકને છેદેછે તે બિંદુ કહાડવાનું સ્થળ થશે.

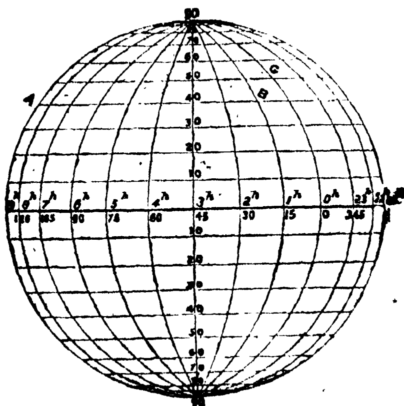
૨૪૬. તો તમારે લક્ષમાં રાખવું કે E બિંદુ AB લીટીથી ૪½ ખંડ આગળ છે એટલું કહેવાથી તેનું સ્થળ નક્કી થતું નથી, કારણ કે AB લીટીથી તેટલે અંતરે ટાંકણીઓ અથવા બિંદુઓની હારની હાર હોય, તેમજ E બિંદુ AD લીટીથી ૨½ ખંડ આગળ છે એમ કહેવું બસ નથી, કારણ કે ઉપર પ્રમાણેજ તેટલે અંતરે ટાંકણીઓ અથવા બિંદુઓની હારની હાર હોય.

૨૪૭. તમારે એ પણ લક્ષમાં રાખવું કે એક એકને કાટખૂણે (એનો શો અર્થ છે તે તમે ભૂલી નહિ ગયાહો એવી મને આશા છે) હોય એવાં બે માપ નીકળેછે તેવારે કાગળના કડકામાં ઘોંચેલી ટાંકણી અથવા તેપર કરેલા ટપકાનું સ્થળ ઘણીજ ચોકસાઈથી કહી શકીએ છીએ.

૨૪૮. તારાનાં સ્થળ એજ પ્રમાણે નક્કી કરવામાં આવેછે. જે માપ ધ્રુવ આગળ શરૂ થાયછે અને જેવડે ધ્રુવથી તારાઓનાં અંતર અથવા વિષુવવૃત્તથી અંતર મપાયછે તે માપ વિષે મેં પાછળ કહ્યુંછે, કારણ કે ધ્રુવથી જેટલા અંશને અંતરે તારો હોય તે આપણા જાણવામાં હોય ત્યારે તે સંખ્યાની અને ૯૦ ની બાદબાકી કરવાથી વિષુવવૃત્તથી અંતર નીકળેછે, કેમકે પ્રત્યેક ધ્રુવથી વિષુવવૃત્તનું અંતર ૯૦ હોયછે. હેઠલી આકૃતિ (ચિત્ર ૪૭) માં મેં વિષુવવૃત્ત અને તેની તથા દરેક ધ્રુવની વચ્ચે દશ દશ અંશને અંતરે સીધી લીટીઓ દોરી છે.

§ ૪.—વિષુવાંશ.

૨૪૯. માટે તારાનું સ્થળ બરાબર નક્કી કરવાને એ લીટીઓને કાટખૂણે બીજી લીટી દોરવી જોઈએ. હવે નારંગી લેઈ



ચિત્ર ૪૭ મું.—તારાનાં સ્થળ શી રીતે બતાવાયછે.
૪૭ મા ચિત્રમાં A B વિષુવવૃત્ત દર્શાવવાને તેમાં સરખે અંતરે

ટાંકણીઓ ઘોંચો. પછી પહેલી હારને કાટખૂણે ટાંકણીઓની બીજી હાર C D કરો. આ બીજી હાર ટાંકણીઓનું બીજું વર્તુલ થશે; તે નારંગીના ધ્રુવમાં થઈને જાયછે અને વિષુવવૃત્તને સામસામેનાં બે બિંદુમાં છેદેછે.

૨૫૦. હવે વિષુવવૃત્ત અને તે દર્શાવનારી ટાંકણીઓની હાર નારંગી પર એકજ સ્થળે એટલે બંને ધ્રુવના મધ્ય ભાગે માત્ર હોઈ શકે, પરંતુ એ બીજું વર્તુલ મરજીમાં આવે ત્યાં કરી શકાય. વસ્તુત: વિષુવવૃત્ત જોડે કાટખૂણો કરે, તેને સામસામેનાં બે બિંદુમાં છેદે અને ધ્રુવમાં થઈને જાય એવાં અસંખ્ય વર્તુલો ધારી શકાય; એ વર્તુલોને ૧° અથવા ૧૦° અથવા અંશની હરકોઈ બીજી સંખ્યાને અંતરે ધારી શકાય; તેમને ૧૫° ને અંતરે ધારીએ તો પૃથ્વીની આસપાસ ૨૪ કલાકમાં આકાશ ફરી રહેતું ભાસેછે તેથી એમાંનું એક વર્તુલ દરકલાકે પૃથ્વીપરના સ્થળમાં થઈને જશે, કારણ કે ૧૫°×૨૪=૩૬૦°.

૨૫૧. પરંતુ આપણી મુશ્કેલી હજુ દૂર થઈ નથી. એ સઘળાં વર્તુલ સરખાં છે તેથી વિષુવવૃત્ત દર્શાવવાને એક વર્તુલ લેઈ ત્યાંથી બીજાં વર્તુલ માપવાં જોઈએ. પહેલા વર્તુલને અતિ પ્રકાશમાન તારામાં થઈને લેઈ જવું પડશે એમ તમે કદાચ ધારશો. પરંતુ તમારે એવું ધારવું નહિ; આકાશી વિષુવવૃત્તનાં બે બિંદુઓમાંનું જે બિંદુ બરાબર ક્રાંતિવૃત્તની સપાટીમાં (૬૭ મી કલમ) છે તે લીધું છે. આ બિંદુને **મેષનું પ્રથમ બિંદુ** કહેછે.

૨૫૨. એમ ક્યાંથી અંશ માપવા તે નક્કી થયા પછી ખગોળવેત્તાએ પ્રથમ તો પૃથ્વીની આસપાસ બરાબર ૨૪ કલાકમાં તારા ફરી રહેતા દેખાય એવી રીતે પોતાના ઘડિયાળની વ્યવસ્થા કરવી; મેષના પ્રથમ બિંદુમાં થઈને જનારૂં આ કલ્પિત વર્તુલ **યામ્યોત્તરવૃત્ત**માં એટલે માથાપર થઈને ઉત્તરથી દક્ષિણ ભણી જનારા સ્થિર કલ્પિત વર્તુલમાં થઈને જાય તેવારે ઘડિયાળમાં ૦ક. ૦મિ. ૦સે. જણાય એમ કરવું; અને

પ્રત્યેક તારાનો પણ તે વૃત્તમાં થઈને જવાનો સમય નોંધી રાખવો. પ્રત્યેક તારાનું ધ્રુવાંતર ગમે તેટલું હોય તોપણ આ રેખામાં થઈને તે જાયછે તેથી ઘડિયાળ બરાબર ચાલતું હશે તો મેષના પ્રથમ બિંદુથી કાળમાં તેનું અંતર જણાશે. ઉદાહરણ, આપણે કહીએ છીએ કે વૃષભ રાશિમાંના અતિ તેજસ્વી તારા (अ) ના વિષુવાંશ ૪ ક. ૨૮ મિ. છે; કન્યા રાશિમાંના અતિ પ્રકાશમાન તારાના વિષુવાંશ ૧૩ ક. ૧૮ મિ. છે; ઇત્યાદિ.

§ ૯.—સારાંશ.

૨૫૩. પાછલા પાઠ તમે બરાબર સમજ્યા હશો તો તમારા જાણવામાં આવશે કે હરકોઈ તારાનું સ્થળ બે રીતે નક્કી થાયછે: —

પહેલી રીત.—ધ્રુવથી અંશમાં તેના અંતર વડે નક્કી થાયછે. આ અંતરને ધ્રુવાંતર કહેછે; એપરથી (૨૪૯ મી કલમમાં કહ્યા પ્રમાણે) વિષુવવૃત્તથી તેનું અંતર સહજ કહાડી શકાય. એને ક્રાંતિ કહેછે.

બીજી રીત.- જે મહદ્વૃત્ત મેષના પ્રથમ બિંદુમાં થઈને જાયછે તે મહદ્વૃત્તથી કાળમાં તેના અંતર વડે નક્કી થાયછે. એને તેનો વિષુવાંશ કહેછે.

૨૫૪. એમ સઘળા તારાનાં સ્થળ નક્કી કર્યાં છે, અને તે ઉપરાંત આપણે તારાઓમાં સૂર્ય, ચંદ્ર, અથવા હરકોઈ ગ્રહનું સ્થળ અમુક સમયે ક્યાં હશે તેની ગણતરી કરી શકીએ છીએ.

૨૫૫. ખગોળવિદ્યાનાં અતિ ઉપયોગી ફળોમાંનું એક ફળ આ છે, કારણ કે એવડે આપણે પૃથ્વીના પૃષ્ઠનો નકશો કહાડી શકીએ છીએ અને વળી ઊજડ અરણ્યમાંનો મુસાફર અથવા સમુદ્રના જે ભાગમાંથી જમીન દૃષ્ટિએ પડે નહિ તે ભાગમાંનો વહાણુવટી પૃથ્વીના પૃષ્ઠના કિયા ભાગમાં છે તે તે બરાબર જાણી શકેછે.

§ ૬.—પૃથ્વીપરનાં સ્થળોના અક્ષાંશ.

૨૫૬. તો પૃથ્વીપરથી હરકોઈ જગ્યાનું સ્થળ શી રીતે

નક્કી થઈ શકે તેનો વિચાર કરીએ. થડમાંનું અમુક શહેર અ-
થવા ગામ ક્યાં છે એવું તમને કોઈ પૂછે તો તમે કદાચ એવો
ઉત્તર દેશો કે તે મારા ઘરથી આટલા મૈલ દૂર અને ફલાણા
રસ્તાપર અથવા અમુક દિશામાં છે. થોડે અંતરે રહેલાં ગા-
મોને માટે આ જવાબ ઠીક છે, પરંતુ એ પ્રમાણે તમારા ઘરથી
અથવા હરકોઈ બીજા સ્થળથી સઘળાં ગામોનાં અંતર અને
દિશા કહ્યાથી ચાલશે નહિ. પૃથ્વી સપાટ હોત તો ૨૪૬ મી
કલમમાં બતાવેલી રીતનો ઉપયોગ કરી શકાત. પરંતુ પૃથ્વી
સપાટ નથી તેથી આપણે આ પ્રમાણે કરીએ છીએ; આ બે-
માંના હરકોઈ ગોળાર્દ્ધમાં વિષુવવૃત્તથી ધ્રુવ પર્યંત અંતર માપી-
એ છીએ, અને તમે પૃથ્વીનો ગોળો જોશો તો તેપર ધ્રુવ અને
વિષુવવૃત્તની વચ્ચે સમાન અંતરે વર્તુલો કહાડેલાં નજરે પડશે.
આ વર્તુલોને अक्षांशवृत्तो કહેછે.

૨૫૭. યાદ રાખવું કે આકાશી પદાર્થોનાં સ્થળ પૃથ્વીના
ધ્રુવના સંબંધ વડે અને તેના ભ્રમણ વડે નક્કી કર્યાં છે. હવે
લગીર વિચાર કરવાથી તમારા જાણવામાં આવશે કે ઉત્તર ધ્રુ-
વાંતર ૦° હોય એવો તારો જાણવામાં હોય તો તે તારો તમે
ઉત્તર ધ્રુવમાં હશો તો બરાબર તમારા માથાપર હશે, અને
ते माटे ते तारो बराबर तमारा माथापर देखाय तो तमे उत्तर ध्रुवमां
छो एम जाणवुं. ધ્રુવાંતર ૯૦° હોય એવો તારો જાણવામાં હોય તો
તે તારો તમે વિષુવવૃત્તમાં હશો તો બરાબર તમારા માથાપર
હશે, અને તે કારણથી ते तारो तमारा माथापर थईने जाय तो तमे
विषुववृत्तमां छो एम तमारे जाणवुं.

૨૫૮. એજ પ્રમાણે ક્રાંતિ (કલમ ૨૫૩) જાણવામાં હોય
એવો જે તારો અથવા બીજો કોઈ આકાશી પદાર્થ માથાપર
થઈને જાયછે તેની નિરીક્ષા કરવાથી વિષુવવૃત્તની ઉત્તરના
અથવા દક્ષિણના હરકોઈ સ્થળનું વિષુવવૃત્તથી અંશમાં અંતર
નક્કી કરી શકીએ છીએ. નકશામાં અને પૃથ્વીના ગોળા ઉપર

વિષુવવૃત્ત અને તેની સમાંતર વૃત્તો ક્હાડેલાં તમારા જોવામાં આવેછે તેનો હેતુ એજ છે. જે નિરીક્ષાનું ધોરણ મેં બતાવ્યું છે તે નિરીક્ષા હરકોઈ જગ્યાનાં સ્થળ માંડ્યા પહેલાં કરેલી હોવી જોઈએ. ઉદાહરણ, વિષુવવૃત્તથી લંડન શહેરનું અંતર નકશામાં ૫૧½° ઉ. માંડેલું તમારા જોવામાં આવશે, કારણ કે કાલીય નક્ષત્ર Y (ડ્રેકો) જેની ઉત્તર ક્રાંતિ ૫૧½° છે તે બરાબર લંડન શહેરપર થઈને જાયછે.

૨૫૯. પૃથ્વીના વિષુવવૃત્તથી જે અંતર માપેછે તેને **અક્ષાંશ** કહેછે અને આકાશી વિષુવવૃત્તથી જે અંતર માપેછે તેને **ક્રાંતિ** કહેછે (બંનેને માટે એકજ શબ્દ વપરાતો નથી એ અફસોસકારક છે). જેમ ઉ. અને દ. ક્રાંતિ હોયછે, તેમ **ઉ.** અને **દ.** **અક્ષાંશ** હોયછે.

૨૬૦. જે પ્રમાણે પૃથ્વી ગોળ છે એવું નક્કી થાયછે તેજ પ્રમાણે ધ્રુવ તારો ક્ષિતિજની ઉપર જેટલો ઉંચો દેખાયછે તેપરથી પણ હરકોઈ સ્થળના અક્ષાંશ નક્કી થઈ શકે. વિષુવવૃત્ત પરથી નિરીક્ષા કરનારને ઉત્તરધ્રુવનો તારો તેની ક્ષિતિજની ઉપલીમેર દેખાયછે, અને તેથી એ તારાના ઉન્નતાંશ૦ હોયછે, પરંતુ તે નિરીક્ષા કરનાર તેની ઉત્તરે શુમારે ૬૮½ મૈલ જાય તો તે તારો તેની ક્ષિતિજ ઉપર ૧° હશે અને તેથી તે માણસ ૧° અક્ષાંશમાં છે એમ કહેવાય છે. એ પ્રમાણે બંને ધ્રુવપર્યંત તેના અક્ષાંશ ૯૦ લગી હળવે હળવે વધતા જશે. તેમજ આપણે હરકોઈ સ્થળે અથવા સમયે ધ્રુવતારાના ઉન્નતાંશનું માપ ક્હાડીએ તો આપણા અક્ષાંશ તુરત નીકળે અને તે પરથી નકશામાં અથવા ગોળાપર આપણું સ્થળ નક્કી કરી શકીએ.

૨૬૧. તારાઓની નિરીક્ષા કરવાસારૂં આપણે સરળતાને અર્થે એવો ધ્રુવનો તારો કલ્પ્યો છે, પરંતુ વસ્તુતઃ છેક ધ્રુવમાં તારો છેજ નહિ. જેને ધ્રુવનો તારો કહેછે તે તેનાથી શુમારે ૧½° છે. માટે તારાનાં ધ્રુવાંતર ક્હાડવાને એટલી છૂટ મૂકવી પડેછે.

૨૬૨. જે કારણથી નારંગીમાં ઘોચેલી ટાંકણીઓ નારંગીન ધ્રુવથી સરખે અંતરે હોઈ શકે અને પુષ્કળ તારાઓનું ધ્રુવાંતર સરખું હોય તેજ કારણથી સ્પષ્ટ છે કે પૃથ્વી પરનાં ઘણાંક સ્થળો એકજ અક્ષાંશમાં હોય. ઉદાહરણ, પેકિન અને ન્યુયાર્ક શહેરો જે અક્ષાંશમાં છે લગભગ તેજ અક્ષાંશમાં નેપલ્સ શહેર છે.

§ ૭.—પૃથ્વીપરનાં સ્થળોના રેખાંશ.

૨૬૩. માટે પૃથ્વીના પૃષ્ઠપરની જગ્યાનું સ્થળ નક્કી કરવાને બીજી કાંઈક વસ્તુનો ખપ પડેછે. જેમ વિષુવાંશ આકાશનું કામ સારેછે તેમ એ કાંઈક વસ્તુ પૃથ્વીનું કામ સારશે. એ કાંઈક વસ્તુને રેખાંશ કહેછે.

૨૬૪. આ કાર્ય સિદ્ધ કરવાને ભૂગોળવેત્તાઓ જોશીઓની નકલ કરેછે; એક વૃત્ત પૃથ્વીને વીંટલાઈ તેના વિષુવવૃત્તને બે સામ સામેનાં બિંદુએ કાટખૂણે છેદેછે અને પૃથ્વીના ધ્રુવમાં થઈને જાયછે એવી તેઓ કલ્પના કરેછે અને એ વૃત્તથી તેઓ માપેછે.

૨૬૫. આ વૃત્ત ક્યાં છે એવો તમે સ્વાભાવિક રીતે પ્રશ્ન પૂછશો. આ પ્રારંભ બિંદુ ગમે તે ઠેકાણે લેવાથી ફેર પડતો નથી; તેથી વસ્તુતઃ દુનિયાની દરેક મુખ્ય પ્રજા જુદા જુદા વૃત્તનો ઉપયોગ કરેછે; મધ્ય વેધશાળા માંહેલાં મુખ્ય યંત્રોમાંના એક યંત્રનું મધ્યબિંદુ દર્શાવનારી તંતુવાપ રેખામાં થઈને જે વૃત જાયછે તે વૃત લેછે. ઉદાહરણ, ઇંગ્લાંડમાં ગ્રીનિચ ટ્રાન્સિટ યંત્રમાં થઈને જે વૃત્ત જાયછે તે વૃત્તથી ગણેછે. અમેરિકામાં વાશિંગટનની વેધશાળાથી એજ રીતે ગણેછે; ફ્રાન્સમાં પારિસની વેધશાળાથી ગણેછે, ઈત્યાદિ.

૨૬૬. બીજો પ્રશ્ન એ છે કે તેઓ **શી રીતે** માપેછે? જે પ્રમાણે મેષના કલ્પિત પ્રથમ બિંદુમાં થઈને જે વૃત્ત જાયછે તેની પૂર્વે કે પશ્ચિમે તારાનું સ્થળ મુકરર કરેછે તેજ પ્રમાણે પહેલા રેખાંશથી પૂર્વે કે પશ્ચિમે પૃથ્વીપરની હરકોઈ જગ્યાનું સ્થળ નક્કી કરેછે. એને કાળ ઉપરથી કહાડેછે.

૨૬૭. આ બિના સિદ્ધ કરવાને આપણે નારંગી અને સોયો ફ્રીને લેઈએ. ધ્રુવ અને ગ્રીનિચમાં થઈને જનારા વૃત્તને ઠામે ટાંકણીઓ લો; પ્રત્યેક ટાંકણી ગ્રીનિચના ઘડિયાળનો વખત દર્શાવનારૂં ઘડિયાળ લઈને ઊભેલા નિરીક્ષા કરનારને બદલે છે એવી કલ્પના કરીએ અને એમાંની એક ટાંકણી ગ્રીનિચમાં ઊભેલા નિરીક્ષા કરનારનેઠામે છે એમ ધારીએ ; તારાનેબદલે દીવો લેઈએ અને ૯ મા ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પૃથ્વીની ગતિ દર્શાવવાને નારંગીને પશ્ચિમથી પૂર્વમાં ફેરવીએ. ટાંકણીની હાર દીવાની અને સોયાની વચ્ચે આવશે. એ કારણથી આપણા કલ્પિત નિરીક્ષા કરનારાનાં સઘળાં ઘડિયાળોપરથી એકજ સમયે કલ્પિત તારાનો માર્ગ જણાશે.

૨૬૮. એ કારણથી ગ્રીનિચની બરાબર ઉત્તરે અથવા દક્ષિણે આવેલાં તમામ સ્થળો ગ્રીનિચની પેઠે કાળના એકજ પ્રારંભબિંદુમાં એટલે એકજ રેખાંશમાં હશે.

૨૬૯. હવે ગ્રીનિચ દર્શાવનારી ટાંકણી કહાડી લેઈ તેને ટાંકણીઓની હારની પશ્ચિમે ઘોંચો. હજુએ નારંગીને પશ્ચિમથી પૂર્વમાં ફેરવવી જોઈએ, તેથી સ્પષ્ટ છે કે ટાંકણીઓની હાર દીવાની અને સોયાની વચ્ચે થઈને ગયા કેડે આ ટાંકણી તેમની વચ્ચે આવશે ; એટલે ટાંકણીઓની હાર અને આ એકલી ટાંકણી જે કાળે દીવા પાસે થઈને જાયછે તે કાળમાં ફેર પડશે, કારણ કે સઘળાં ઘડિયાળ ગ્રીનિચ કાળ પ્રમાણે માંડેલાં છે. ટાંકણીઓની હાર આગળ ગ્રીનિચ કાળ ૧૨૦ છે એમ ધારીએ; તો સ્પષ્ટ છે કે ગ્રીનિચ દર્શાવનારી ટાંકણી દીવા પાસે પાછળથી આવેછે, તેથી ગ્રીનિચના ઘડિયાળમાં ૧૨૦ પછીની થોડી વેળા જણાયછે. તે ૨૦૦ છે એમ માનીએ તો એ બે સ્થળની વચ્ચે કાળમાં એક કલાકનો ફેર પડેછે, અને ટાંકણીઓ વડે દર્શાવેલાં એકજ રેખાંશમાં આવેલાં તમામ સ્થળો ગ્રીનિચની પૂર્વે દેખાશે.

૨૭૦. હવે સૂર્યને બદલે દીવો લઈએ. સૂર્ય વડે હરકોઈ સ્થળનો સ્થાનિક કાળ જણાયછે, કારણ કે હરકોઈ સ્થળે મધ્યાન્હે સૂર્ય દક્ષિણે હોયછે અથવા યામ્યોત્તર વૃત્ત ઓળંગેછે તે વારે

બાર કલાક (એ વખત આપણા કાર્યને અર્થે જોઇએ એટલો પાસે છે) વાગેલા હોયછે. માટે આ સ્થાનિક કાળ અને ગ્રીનિચ કાળ મારા જાણવામાં હોય તો પ્રથમ હું ગ્રીનિચની પૂર્વમાં છુ કે પશ્ચિમમાં છું અને પછી પૂર્વમાં કે પશ્ચિમમાં કેટલે અંતરે છું તે કહી શકું. હું જે સ્થળે હોઉં તે સ્થળમાં સવારના દશ વાગેલા હોય તે વારે ગ્રીનિચમાં (બપોરના) ૧૨ કલાક વાગ્યા હોય તો હું ગ્રીનિચની પશ્ચિમે હોઉં, અને સૂર્ય મારા માથાપર આવે તે પહેલાં પૃથ્વી બે કલાક ફરવી જોઇએ; ગ્રીનિચમાં (બપોરના) ૧૨ વાગ્યા હોય તે વારે મારા સ્થળમાં બપોરના બે વાગ્યા હોય તો હું ગ્રીનિચની પૂર્વમાં હોઉં, કારણ કે સૂર્યને મારા માથાપર થઈને ગયાને બે કલાક થયાછે. કાળમાં બાર કલાકનો અંતર=૧૮૦°; ૭ કલાકનો અંતર=૯૦°પૂર્વ કે પશ્ચિમ ; ત્રણ કલાકનો અંતર=૪૫° પૂર્વ કે પશ્ચિમ, ઈત્યાદિ ; એ પરથી રેખાંશ અંશમાં ગણીએ કે કલાકમાં ગણીએ તે સરખુંજ છે, કારણ કે વિષુવવૃત્તના ૩૬૦ અંશમાં અથવા ૨૪ કલાકમાં વિભાગ કરેલા હોવાથી પ્રત્યેક કલાક ૧૫° ની બરાબર છે. હરકોઈ સ્થળના રેખાંશ ગ્રીનિચની પૂર્વે કલાકમાં તેના અંતર વડે પણ લખાય છે, તેથી હરકોઈ સ્થળ ૨૩ કલાક પશ્ચિમે છે એમ કહેવાને બદલે તે એક કલાક પૂર્વમાં છે એમ કહેવાય છે.

૨૭૧. ગ્રીનિચથી થોડે અંતરે રહેલાં સ્થળોમાં ગ્રીનિચનો બરાબર કાળ જાણવાને વ્યવહારમાં અડચણ પડેછે. એક વેધશાળામાં હોય તે વારે બીજી વેધશાળામાં કિયો વખત છે તે જાણવાને જોશીઓએ અનેક યુક્તિઓ અજમાવી છે. એ કામને અર્થે ઠરાવેલી વેળાએ હવાઈ છોડી છે, તોપ ફોડી છે, અગ્નિ સળગાવ્યા છે અને સર્વે પ્રકારના સંકેત કર્યાછે; પરંતુ સ્થળોની વચ્ચે થોડું અંતર હોયછે તો આ સઘળી યુક્તિથી અર્થ સરેછે, તેથી ઘણે અંતરે રહેલાં સ્થળોમાં બરાબર વખત રહે તેટલા સારૂ સંભાળથી ગોઠવેલાં કાળમાન યંત્રો (ક્રોનોમીટર) લેઈ જવાં પડયાં હતાં ; પરંતુ હમણા એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે

તાર નાંખ્યા છે, જેમ કે ઇંગ્લાંડથી અમેરિકા સૂધી તાર નાંખ્યા છે, તેથી એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે કિયો વખત છે તે સહેલથી જાણવામાં આવેછે. સમુદ્રમાં ફરનારાં વહાણોમાં થોડા કાળ લગી કાળમાન યંત્રો ઉપયોગમાં આવેછે, પરંતુ એ યંત્રોમાં ફેર પડવાનો સંભવ છે.

૨૭૨. ખગોળવિદ્યાને લગતા કેટલાક દેખાવો ક્યારે દેખાશે તે અગાઉથી કહી શકાય છે અને તેઓ પૃથ્વીથી એટલે બધે અંતરે બનેછે કે પૃથ્વીના ઘણાક ભાગપર એકજ સમયે દૃ-ષ્ટિએ પડેછે; આ દેખાવો નૌકાપંચાંગોમાં માંડેલા હોયછે. જેમ કે બૃહસ્પતિના ચંદ્રોનાં ગ્રહણ, અને આપણા ચંદ્રનું સ્થળ. ધારો કે બૃહસ્પતિના એક ચંદ્રનું ગ્રહણ ગ્રીનિચના કાળ પ્રમાણે બપોરના એક કલાકે થવાનું છે અને હરકોઈ સ્થળે સ્થાનિક કાળપ્રમાણે બપોરના બે વાગતે એટલે સૂર્ય મધ્યાન્હ રેખાપર થઈને ગયા કેડે બે કલાકે દેખાય છે તો સ્પષ્ટ છે કે ગ્રીનિચના ઘડિયાળમાં બપોરનો એક કલાક વાગેલો હોયછે, પરંતુ તે સ્થળના ઘડિયાળમાં બપોરના બે વાગેલા હોયછે, અને સ્થાનિક કાળમાં એક કલાકનો અંતર છે, તથા તે સ્થળ ગ્રીનિચની પૂર્વે એક કલાક અથવા ૧૫° છે. પરંતુ એ ગ્રહણ બપોરના બાર કલાકે દેખાય તો તે સ્થળ ગ્રીનિચની પશ્ચિમે એક કલાક હોવું જોઈએ.

૭.— आकाशी पदार्थोनी गति शा कारणथी एटली वधी नियमित छे.

§ १.— वजन एटले शुं.

૨૭૩. આપણા જાણવામાં આવ્યું કે તારાઓ મનુષ્યને અતિ ઉપયોગી છે, કારણ કે હરકોઈ આવતા સમયમાં તેઓ આ-કાશના કિયા ભાગમાં હશે તેની આપણે ગણતરી કરી શકી-એછીએ. તેમની અથવા પૃથ્વીની ગતિ નિયમિત નહોત તો એ પ્રમાણે થઇ શકત નહિ. માટે મારૂં કામ પૂરૂં કર્યા પહેલાં

તારાની ગતિઓ વિષે આપણે અગાઉથી શીરીતે કહી શકીએ છીએ તે મારે તમને સમજાવવું જોઈએ.

૨૭૪. આપરથી આપણે ખગોળવિદ્યાના વધારે યાંત્રિક ભાગ એટલે આકાશી પદાર્થોની ગતિઓના નિયમોપર આવી પહોચીએ છીએ. પૃથ્વી સ્થિર હોઈ તેની આસપાસ સૂર્ય અને ગ્રહો ફરેછે એવું પ્રાચીન કાળના લોકો માનતા હતા. પરંતુ એ કલ્પના દૂર થઈ ખરૂં જ્ઞાન થયું તે વિષે પાછળ કહ્યું છે. અને પછી ગ્રહો શા કારણથી ફરેછે ? એ સવાલ રહ્યો. પ્રથમ એવી કલ્પના કરવામાં આવી હતી કે ગ્રહો કોઈ પ્રકારના વમળમાં તણાયા જાયછે; અને પાછળથી એવું બનાવવામાં આવ્યું કે ગ્રહો સૂર્યની આસપાસ અને ચંદ્રો તેમના મુખ્ય ગ્રહોની આસપાસ છેક વર્તુલમાં ફરતા નથી, પરંતુ લંબગોળમાં ફરેછે અને સૂર્ય બરાબર મધ્ય ભાગે નથી. યાંત્રિક વિદ્યાના નિયમો પ્રમાણે તેઓ એજ રીતે ફરવા જોઈએ એવું ન્યૂટને સિદ્ધ કરીને બતાવ્યુંછે અને એમ બતાવવાનું કારણ મારે તમને જણાવવું જોઈએ.

૨૭૫. પથરો અથવા દડો ઉંચે હવામાં ફેંકીએ છીએ તો તે પાછો જમીનપર પડેછે તે તમે બેશક ઘણીવાર જોયું હશે. તે શામાટે પડેછે એવો પ્રશ્ન તમે તમારા મનને કદી પૂછયો છે ? કદાચ નહિ પૂછયો હોય; પરંતુ તમને કોઈ પૂછશે તો તમે કદાચ એવો ઉત્તર દેશો કે "એનું કારણ એ છે કે જે વસ્તુઓમાં ભાર છે તે સર્વે વસ્તુઓ પૃથ્વીપર પડેછે" અને એવો જવાબ દીધાથી તમે એક ગુંચવણમાંથી નીકળી માત્ર બીજી ગુંચવણમાં આવી પડશો. બીજો પ્રશ્ન એ છે કે વસ્તુઓ શાકારણથી ભારે છે ? એનો ઉત્તર એ છે કે लोहचुंबक जे प्रमाणे लोढाने खेचेछे ते प्रमाणे सर्वे पदार्थ एक एकने खेंचेछे; તેથી એક પથરો બીજા પથરાને ખેંચેછે, પરંતુ અતિ અલ્પ બળથી ખેંચેછે, અને પૃથ્વી ભિન્ન ભિન્ન પદાર્થોનો અતિ મોટો સમૂહ હોઈ સઘળી વસ્તુઓને એટલા બળથી ખેંચેછે કે તેના મુકાબલામાં એક પથ-

રાનું બીજા પથરાપર આકર્ષણ માલૂમ પડતું નથી.

૨૭૬. માટે હરકોઈ પદાર્થને પૃથ્વી જે બળથી ખેંચેછે અને પોતાની ભણી તેને ખેંચાયલો રાખેછે તે માત્ર પદાર્થનું વજન અથવા ગુરૂત્વ છે.

૨૭૭. હવે પદાર્થોમાં આકર્ષણ કરવાની શક્તિ હોયછે તે તે પદાર્થોમાંના રજકણુસમૂહના પ્રમાણમાં ઓછી વત્તી હોયછે. ઉદાહરણ, પૃથ્વી હમણા જે પદાર્થોની બનેલી છે તેજ પદાર્થોની બનેલી હોઈ તેનું કદ બમણું હોત તો તે હાલ દરેક વસ્તુને જેટલા બળથી ખેંચેછે તેનાથી બમણા બળથી ખેંચત અને તે કારણથી દરેક વસ્તુનું વજન તેના હાલના વજન કરતાં બમણું થાત—આપણી પીઠ ઉપર માણસ સદા બેઠો હોય તેના જેટલો ભાર આપણા પગને વહેવો પડત. તેમજ જે પદાર્થપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થાયછે તે પદાર્થમાંના રજકણુસમૂહને બમણા કરીએ તો જેટલા બળથી તે ખેંચાયછે તે અથવા તેનું વજન પણ બમણું થાય. ઉદાહરણ, એક લોટામાં સવાશેર પાણી હોય તો તેવા બે લોટા પાણી અઢીશેર થાય.

૨૭૮. મેં પાછળ (કલમ ૧૩૫) रजकणसमूह શબ્દ વાપર્યો છે. એક લોટો ભરેલા સીસાના રજકણુસમૂહ તેજ લોટો ભરેલા પાણીના રજકણુસમૂહથી ઘણા વધારે થાયછે. અને જ્યાં લગી આપણે પૃથ્વીપર છીએ ત્યાંલગી રજકણુસમૂહ એ વ્યવહારમાં વજનનો પર્યાય માત્ર છે. પરંતુ રજકણુસમૂહમાં ફેર પડતો નથી તોપણ પૃથ્વીપર જે પદાર્થનું વજન એક શેર હોયછે તે બૃહસ્પતિપર બશેરથી વધારે થાય. એ કારણથી જે પદાર્થોપર જુદાં જુદાં આકર્ષણ થતાં હોય તે પદાર્થોનાં વજનને માટે સ્થાયી રજકણુસમૂહ દર્શક શબ્દ વાપરવો જોઈએ.

૨૭૯. આપણી પૃથ્વીનું કદ બમણું કરીએ તોએ શેર ભાર ત્રાજવામાં બીજા શેર ભારની સમતોલ થાય, કારણ કે બંનેનાં વજન વસ્તુતઃ બશેર થયાં હશે. માટે ગુરૂત્વ બળમાં કાંઇ ફેરફાર થાય તે નક્કી કરવાને બીજો કોઈ ઉપાય કરવો જોઈએ.

૨૮૦. પદાર્થનું વજન અથવા પૃથ્વીની આકર્ષક શક્તિ નક્કી કરવાને પોલાદની કમાન ગોઠવી શકાય, કારણ કે ગુરૂત્વને લીધે તેનામાં કોઈ પણ પ્રકારે ફેરફાર થતો નથી; પરંતુ હરકોઈ પદાર્થ અમુક કાળમાં, બહુધા એક સેકંડમાં, કેટલે અંતરેથી પૃથ્વીપર પડેછે તે નક્કી કરવું એ અતિ ચોકસ રીત છે, કારણ કે જેમ આકર્ષણ બળ વધારે હશે તેમ તે વધારે વેગથી નીચે આવશે; પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ઉપર હરકોઈ પદાર્થની ગતિને ખાળનાર વાયુ વિનાના અવકાશમાં તે એક સેકંડમાં ૧૬ ફુટ પડશે, અને તે સેકંડ પૂરી થતાં તે પદાર્થનો વેગ દર સેકંડે ૩૨ ફુટ છે,—એટલે પહેલી સેકંડને અંતે ગુરૂત્વ બળ બંધ થાય તો બીજી સેકંડમાં તે પદાર્થ ૩૨ ફુટ નીચે આવે.

૨૮૧. એ કારણથી પૃથ્વીના પૃષ્ઠ ઉપર ગુરૂત્વ બળ ૩૨ ગણેછે. બૃહસ્પતિના પૃષ્ઠ ઉપર ગુરૂત્વ બળ આપણી પૃથ્વીના ગુરૂત્વ બળથી અઢી ગણું એટલે ૭૮ ગણેછે. એનો અર્થ એ છે કે એક સેકંડમાં પદાર્થને અટકાવ થયા વગર બૃહસ્પતિપર પડવા દઈએ તો તેનામાં દર સેકંડે ૭૮ નો વેગ આવે.

§ ૨.—गुरुत्वबळ अंतर प्रमाणे घटेछे.

૨૮૨. પૃથ્વીપરના હરકોઈ પદાર્થને જે બળથી પૃથ્વી ખેંચેછે તે બળને તે પદાર્થનું વજન કહેછે એવું મેં પાછળ કહ્યું છે. હવે હું કહુંછું કે એ બળ પૃથ્વીથી ભિન્ન ભિન્ન અંતરે રહેલા પદાર્થોને માટે સરખું નથી.

૨૮૩. તમારામાંના જેઓએ હાથમાં લોહચુંબક લીધો હશે તેમના જોવામાં આવ્યું હશે કે લોઢાના કડકા લોહચુંબકની જેમ થડમાં હોયછે તેમ તેઓ વધારે જોરથી તેની ભણી ખેંચાય છે; મેજપર સોય મૂકી તેને લોહચુંબક ભણી ખસેડવાથી આ બિના સહજ સમજાશે. એ રીતે કરવાથી તમારા જોવામાં આવશે કે થોડાક ઇંચને છેટેથી મેજપર સોય ઘસડાઈને લોહચુંબકની પાસે જાય એટલા જોરથી તે ખેંચાતી નથી, તેથી

લોહચુંબકને સોયની વધારે પાસે લાવવો પડેછે. સોયના ઘર્ષણ કરતાં લોહચુંબકનું આકર્ષણ વધારે થાયછે એટલે તે સોય ધરી-ને લોહચુંબકને વળગી પડેછે.

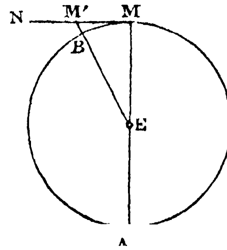
૨૮૪. ગુરૂત્વાકર્ષણનું પણ એજ પ્રમાણે છે. પદાર્થ પૃથ્વીથી જેમ દૂર હોયછે તેમ તેનાપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થોડું હોયછે; અને ન્યૂટને સિદ્ધ કર્યું છે કે બમણે અંતરે ગુરૂત્વ બળ અડધું હોતું નથી, પરંતુ અડધાનું અડધું અથવા પા હોયછે; ત્રગણે અંતરે ત્રીજે હિસ્સે નહિ પણ ત્રીજાને ત્રીજે હિસ્સે એટલે $\frac{1}{9}$ હોયછે, ઇત્યાદિ; એમ આઠગણું અંતર વધારીએ તો આઠને આઠે ગુણવા પડે અથવા તેનો વર્ગ કરવો પડે, એટલે ૬૪ કરી તેની ઉપર ૧ મુકી $\frac{1}{64}$ થાયછે. એપરથી જણાય છે કે ગુરૂત્વાકર્ષણ આઠ ગણે અંતરે પ્રથમના ગુરૂત્વાકર્ષણનો $\frac{1}{64}$ માત્ર છે.

§ ૩.—પૃથ્વીની આસપાસ ચંદ્રની ગતિનો ખુલાસો આપરથી શી રીતે મળેછે.

૨૮૫. ચંદ્રની ગતિ વડે ન્યૂટને આ બિના નીચેની રીતે સિદ્ધ કરી: પાછળ કહ્યું છે કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ ફરેછે; પરંતુ તે-ની ગતિનું કારણ હજુલગી આપણા જાણવામાં આવ્યું નથી. હવે ગોફણમાં પથરો મૂકી ગોફણને આપણી આસપાસ ફેરવીએછી-એ તેવારે પથરો ફરેછે અને ગોફણમાંથી ઊડી પડતો નથી તેમ પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે ચંદ્ર લગભગ ગોળ કક્ષામાં ફરેછે; ગો-ફણનો એક છેડો છોડીએ છીએ તેવારે તે પથરો સીધી લીટીમાં ઊડી પડેછે તેમ ગુરૂત્વાકર્ષણની દોરી તૂટી જાય તો ચંદ્ર અવકા-શમાં દૂર ફેંકાઈ જાય.

૨૮૬. પાસે ચિત્ર આપ્યું છે તેની મદદથી આ બાબતનો આ-પણે વિચાર કરીએ. એ ચિત્રમાં E પૃથ્વી છે અને M B A ચંદ્રની કક્ષા છે; અને આપણે એમ ધારીએ કે ચંદ્ર M સ્થળે છે; હવે ગુરૂત્વાકર્ષણ બંધ પડે તો તે સીધી લીટીમાં જઈ N ભણી જાય; અને એક સેકંડમાં તે M′ સ્થળે જાય એમ ધારીએ, પરંતુ

ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે તે વસ્તુતઃ B માં આવેલો દૃષ્ટિએ પડેછે. એ પરથી સિદ્ધ થાયછે કે પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે M' માંથી B માં ઘસડાઈ આવ્યો; અને ચંદ્રની કક્ષા કેવડી છે તેની આપણને ખબર છે તેથી M' થી B સૂધીના જે અંતરમાં પૃથ્વી એક સેકંડમાં ચંદ્રને ખેંચી આણેછે તે અંતર માત્ર ગણિત કરવાથી નીકળેછે. એ અંતર $\frac{1}{18}$ ઇંચ કરતાં કાંઈક ઓછું છે.



ચિત્ર ૪૮ મું.— પૃથ્વીભણી ચંદ્રનું પતન.

૨૮૭. આ સત્ય ન્યૂટનના મત જોડે મળેછે કે નહિ તેની તપાસ કરીએ. ચંદ્રના જેટલે અંતરે રહેલો પદાર્થ એક સેકંડમાં કેટલો નીચે આવે અથવા તેનાપર કેટલું આકર્ષણ થાય? ચંદ્ર શુમારે પૃથ્વીથી ૨, ૪૦, ૦૦૦ મૈલ દૂર છે અને પૃથ્વીનું પૃષ્ઠ તેના મધ્ય બિંદુ—એ બિંદુએ સકળ આકર્ષણ એકત્ર થયેલું છે એમ ધારી શકાય—એથી ૪, ૦૦૦ મૈલ છે, અને ૨, ૪૦,૦૦૦ માં ૪, ૦૦૦ સાઠવાર માયછે, તેથી પૃથ્વીના મધ્ય બિંદુથી તેનું પૃષ્ઠ જેટલું દૂર છે તેનાથી ચંદ્ર સાઠગણો દૂર છે; અને ચંદ્રના જેટલે અંતરે સાઠ ગુણ્યા સાઠ અથવા ૩૬૦૦ ગણું ઓછું આકર્ષણ હોવું જોઈએ; પરંતુ પૃથ્વીના પૃષ્ઠપર ગુરૂત્વ બળ એટલું બધું છે કે પદાર્થો દર સેકંડે સોળ ફુટ પડેછે, તેથી ચંદ્રના જેટલે અંતરે તેઓ $\frac{16}{3600}$ ફુટ અથવા $\frac{1}{18}$ ઇંચ પડવા જોઇએ, અને નીચે પડવાનો વેગ એ છે તે વિષે આપણે પાછળ કહી ગયા છીએ.

§ ૪.—गुरुत्वाकर्षण.

૨૮૮. એ પ્રમાણે ન્યૂટને શોધી કહાડયું કે ગુરુત્વાકર્ષણ નામે જે બળને લીધે પથરો પૃથ્વીપર પડેછે તેજ બળ ચંદ્રને પોતાના માર્ગમાં પૃથ્વીની આસપાસ ફરતો રાખેછે. એ શોધ એટલેથી અટકી નહિ, પરંતુ તેણે સિદ્ધ કર્યું કે પૃથ્વી અને બીજા બધા ગ્રહો એ રીતે સૂર્યની આસપાસ પોત પોતાની કક્ષામાં ફરેછે; અને ગુરૂત્વાકર્ષણનો એજ નિયમ છેક આઘેના તારાને લાગુ પડેછે. આકાશી પદાર્થોની देखाईती अनियमित गतिओनी વ્યવસ્થા અને નિયમ બાંધી ન્યૂટને સિદ્ધ કર્યું કે સર્વે ગતિઓ વાસ્તવિક રીતે નિયમિત છે અને તે કારણથી અગાઉથી ગણિત કરીને કહાડી શકાય. એમ તેના સિદ્ધાંતને લીધે જે બ્રહ્માંડમાં આપણે વશીએ છીએ તેના દિવ્ય સૌંદર્યનાં તથા નિયમિત રચનાનાં વખાણ કરવાને મનુષ્ય શક્તિવાન થાયછે એટલુંજ નહિ, પણ લૈાકિક વ્યવહારમાં આકાશી પદાર્થોની ગતિઓનો ઉપયોગ કરી શકેછે.

સમાપ્ત.